

République Algérienne Démocratique et Populaire

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي



**Ecole Nationale Supérieure
des Travaux Publics**

المدرسة الوطنية العليا للأشغال العمومية

Code :

Projet de Fin d'Études

*Pour l'Obtention du Diplôme
d'Ingénieur d'Etat des Travaux Publics*

Thème

Etude de modernisation du CW106 sur 10KM du
PK0+000 au PK 10+000 Beni S'nous W.Tlemcen

Proposé par :

BET LECTACT

Dirigé par Mr FACI RACHID

Présenté par :

AMEDJKOUH FAROUK

BOUZIANE MOHAMMED

Promotion 2012

Ecole Nationale Supérieure des Travaux Publics. Garidi. Kouba.



Remerciement

Tout d'abord Nous tenons à remercier Dieu tout puissant et miséricordieux qui nous a donné la force et la patience d'accomplir ce pudique travail.

Nous remercions vivement nos familles pour leur aide matérielle et morale durant toute la période de préparation.

Nous voudrions aussi exprimer nos vifs remerciements à notre promoteur Mr. FACI Rachid pour ses appréciations compétentes, et ces précieux conseils. Ainsi nous tenons à remercier Mr Bourekda Yahia et Mr BENHAFFAF Abdelbaki.

Nous tenons également à exprimer notre gratitude envers tous les Enseignants et le personnel administratif de l'ENSTP qui ont contribué à notre formation pendant ce cursus.

Nos vifs remerciements vont également aux membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre travail. Et de l'enrichir par leurs propositions.

Enfin, nous tenons également à remercier toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail.

Dédicaces

Je dédie ce travail :

À mes très chers parents, qui m'ont guidé durant les moments les plus pénibles de ce long chemin, ma mère qui a été à mes côtés et ma soutenu durant toute ma vie, et mon père qui a sacrifié sa vie afin de me voir devenir ce que je suis, merci beaucoup mes parents.

À mes frères et sœurs.

À tous mes collègues de l'ENSTP.

Enfin, je remercie mon binôme Bouziane Mohammed qui a contribué à la réalisation de ce travail.

AMEDJCOUH FAROUK

DÉDICACES

*Je remercie le Dieu tout puissant de m'avoir
motivé à réaliser ce modeste travail*

Je dédie Ce modeste travail à:

Ma très chère mère et mon père

Pour leurs sacrifices,

Sans jamais oublier

Mes très chers frères et sœur.

Mes grands parents

Mes oncles et tantes

Tous ceux qui m'aiment et que j'aime

*Enfin à tous mes amis et collègues
de l'ENSTP.*

BOUZIANE MOHAMMED



Sommaire

Introduction.....	I
Chapitre I	Présentation du projet et APS
1.1) Situation du projet.....	3
Plan de Situation du projet.....	4
1.2) Objectif de l'étude.....	5
1.3) Analyse de la chaussée existante.....	5
1.4) Etude avant projet sommaire.....	10
1.5) Description des variantes.....	10
1.6) Conclusion.....	14
Chapitre 2	Etude de trafic.
2.1) Introduction	15
2.2) Analyse de trafics existants	15
2.3) Différents types de trafics.....	16
2.4) Modèles de présentation de trafic.....	17
2.5) Calcul de la capacité.....	18
Application au projet.....	19
2.6) Conclusion.....	21
Chapitre 3	Trace en plan
3.1) Introduction.....	22
3.2) Modernisation du tracé en plan.....	22
3.3) Les règles à respecter dans tracé en plan.....	22
3.4) Les éléments du tracé en plan.....	23
Application au projet.....	25
3.5) La vitesse de référence.....	29
3.6) Choix de la vitesse de référence.....	29
3.7) Vitesse de projet.....	29
3.8) Devers.....	30
3.9) Calcul d'axe.....	30
Application au projet.....	31

Chapitre 4 Profil en long

4.1) Définition.....	36
4.2) Modernisation du profil en long.....	36
4.3) Règles à respecter dans le tracé du profil en long.....	36
4.4) Coordination du tracé en plan et profil en long.....	37
4.5) Paliers et déclivités.....	38
4.6) Raccordements en profil en long.....	39
Application au projet.....	40
4.9) Eléments nécessaires au calcul du profil en long.....	41
Application au projet.....	42

Chapitre 5 Profil en travers

5.1) Définition.....	44
5.2) Modernisation du profil en travers.....	44
5.3) Eléments du profil en travers.....	45
5.4) Classification du profil en travers.....	46
Application au projet.....	46

Chapitre 6 Cubature

6.1) Introduction	51
6.2) Définition	51
6.3) Méthode de calcul des cubatures	51
6.4) Calcul des cubatures des terrassements.....	53

Chapitre 7 Etude géotechnique

7.1) Introduction	54
7.2) Programme d'essai en laboratoire	54
7.3) Description des essais.....	55

Chapitre 8 Dimensionnement

8.1) Introduction.....	57
8.2) Principe de la constitution de la chaussée	57
8.3) Définition de la chaussée.....	57
8.4) Différentes catégories de chaussée.....	58
8.5) Les couches de la chaussée.....	58
8.6) Méthodes de dimensionnement.....	59
Application au projet	62

8.7) Renforcement de la chaussée existante	63
8.8) Synthèse de dimensionnement	66

Chapitre 9 Assainissement

9.1) Introduction	67
9.2) Objectif de l'assainissement.....	67
9.3) Dimensionnement du réseau d'assainissement à projeter.	67
9.4) Données hydrauliques.....	71
Application au projet	71
9.5) Dimensionnement des fossés	73
9.6) Dimensionnement des ouvrages traverse.....	76

Chapitre 10 Signalisation

10.1) Introduction	80
10.2) Les équipements et la signalisation existante	80
10.3) Les dispositifs retenus.....	80
10.4) Type de signalisation	80
Application	83
10.5) Eclairage.....	85

Devis estimatif et quantitatif.....	86
-------------------------------------	----

Conclusion générale.....	87
--------------------------	----

Bibliographie.....	88
--------------------	----

Introduction

Le projet de fin d'études (PFE) a pour objectif de permettre aux étudiants de cinquième année de l'ENSTP de mettre en application dans un cadre d'ingénieur débutant les connaissances acquises durant le cursus universitaire.

Après avoir effectué nos précédents stages dans des différentes entreprises et sociétés Algériennes en suivant l'étude, la réalisation et la tâche administrative de leurs projets ; nous avons souhaité, à l'occasion de ce PFE, découvrir le métier de travaux publics dans le monde professionnel par l'étude d'un projet de grande taille. Le travail qu'on va élaborer consiste en l'étude de la modernisation du CW 106 sur un tronçon de route de 10 km à Beni S'nous qui se situe dans la wilaya de Tlemcen.

Ce projet est proposé par le bureau d'études BET LECTACT dirigé par Mr FACI.R

Présentation de la ville de Tlemcen :

La ville de Tlemcen est une commune de la wilaya de Tlemcen, dont elle est le chef-lieu, Elle est située au nord-ouest de l'Algérie, à 520 km au sud-ouest d'Alger, à 140 km au sud-ouest d'Oran et, frontalière du Maroc, à 76 km à l'est de la ville marocaine d'Oujda. Tlemcen, érigée dans l'arrière-pays, est distante de 40 km de la mer Méditerranée.

Localités :

En 1984, la commune de Tlemcen est constituée à partir des localités suivantes : Tlemcen, Abou Tachefine, Sidi Boumédiène, Kiffane Nord, Koudia et Boudghène.

La ville de Beni S'nous:

Le territoire de la commune de Beni Snous est situé à l'ouest de la wilaya de Tlemcen.

La ville de Khemis, chef lieu de la commune, est située à 43 km au sud-ouest de Tlemcen.

Relief :

À 140 km au sud-ouest d'Oran, au pied du djebel Terni, apparaît Tlemcen, enserrée entre les villages d'El Eubbad à l'est et de Mansourah à l'ouest. La ville, située sur un replat calcaire à 800 m d'altitude, est adossée au sud du plateau rocheux de Lalla Setti. Elle domine les plaines de la Tafna et de Safsaf. La haute plaine de Tlemcen apparaît ainsi comme un vaste piémont étalé en éventail, à la base des montagnes méridionales. Les eaux descendues parfois en cascades des hauteurs, la fertilité du terroir, les mélanges des sols, la densité des arbres lui donnent le nom imagé de bocage tlemcenien. Là y alternent vergers, oliveraies, jardins potagers et vignobles.

Climat :

Cet agencement géologique sert de couloir à l'air marin qui tempère la rigueur des hivers et la chaleur des étés. La région de Tlemcen s'inscrit comme un îlot arrosé au milieu des zones arides de la Moulouya marocaine à l'ouest, des zones semi-arides de Sidi Bel Abbès et Mascara à l'est et des zones steppiques d'El Aricha au sud.

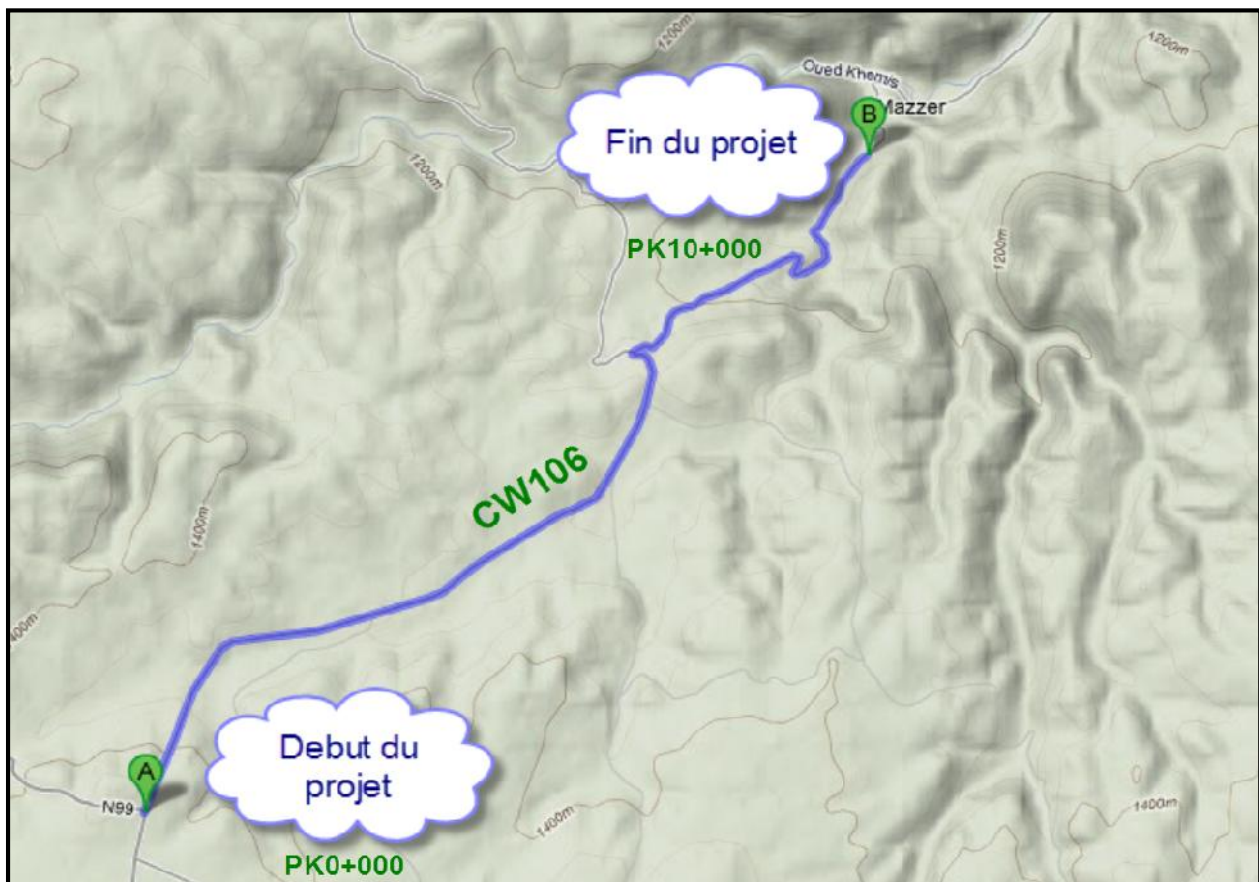
Chapitre 1

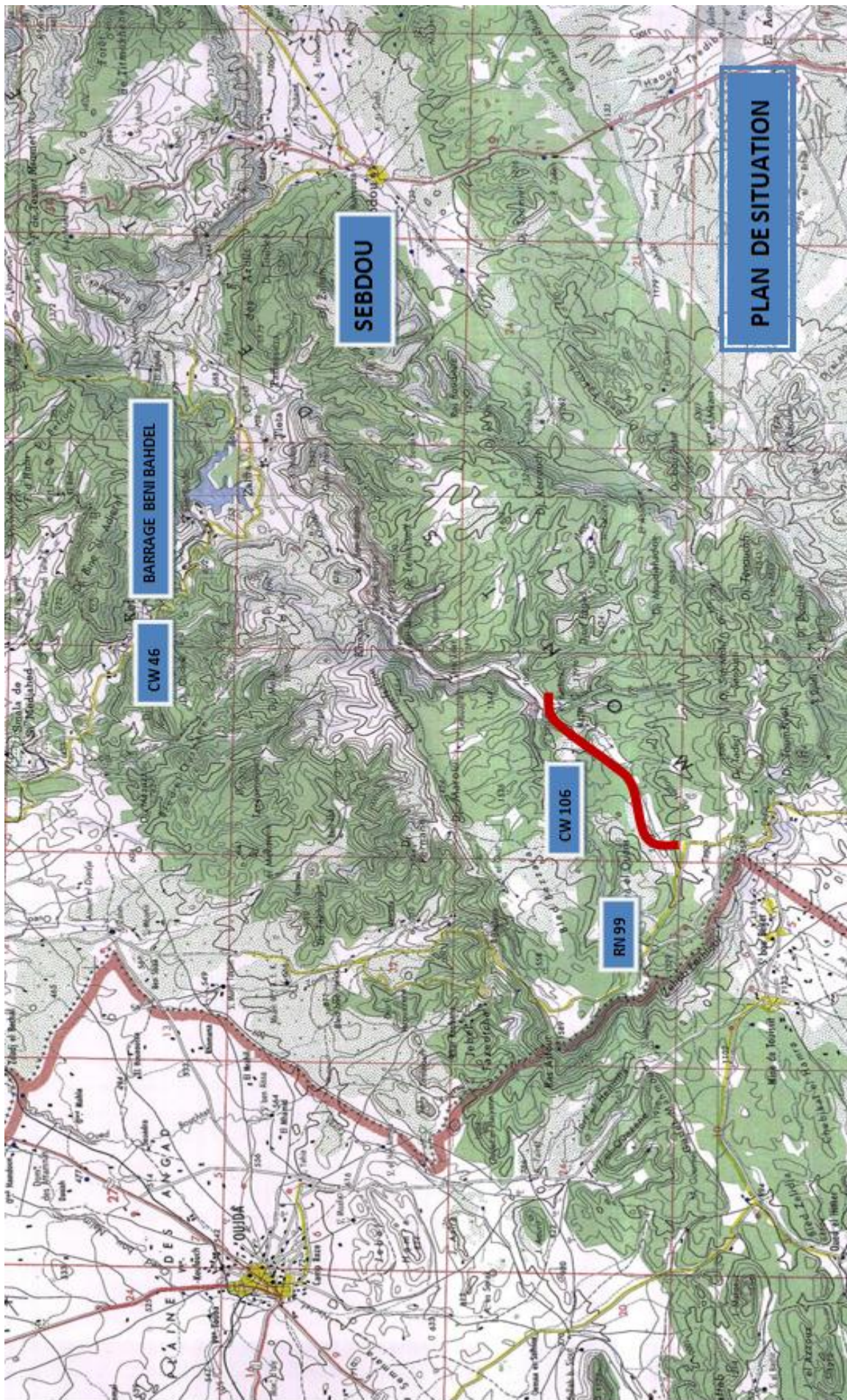
Présentation du projet et APS

Présentation du projet

I.1 Situation du projet :

Le projet commence au niveau de l'intersection de la RN99 (au PK 0+000) se termine à l'entrée de la ville Mazzer (vers le PK 10+000). La longueur effective de la section du projet est de 10 km. L'itinéraire du projet se situe dans un relief vallonné. La catégorie C3 est retenue car du fait qu'il s'agit d'un chemin de wilaya reliant 2 chefs lieu de daïra. Le tronçon de route projeté s'inscrit dans un relief vallonné il s'agira donc d'environnement E2. La vitesse de base de projet est estimée à 60 Km/h vu le relief vallonné, (règlement B40).





1.2 Objectif de l'étude :

Notre objectif principal consiste à augmenter le niveau de service de la route existante. Pour atteindre l'objectif visé, notre travail a été structuré comme suit :

- Les rectifications des virages dont les rayons de courbure ne répondent pas aux normes minimales de sécurité.
- La rectification du profil en long.
- L'augmentation de la capacité de la route par un élargissement.
- Le renforcement de la chaussée.
- Amélioration du système de drainage, et prolongement d'ouvrages d'assainissement.

1.3 Analyse de la chaussée existante :

1.3.1 Tracé en plan :

Le tracé en plan actuel montre le manque des conditions de sécurité et visibilité et de confort particulièrement au niveau des virages (courbes) dont la faiblesse des rayons pourrait engendrer des risques d'insécurité tenant compte de la mauvaise visibilité ou de la perte de tracé (comme le révèle les images satellitaires ci dessous).

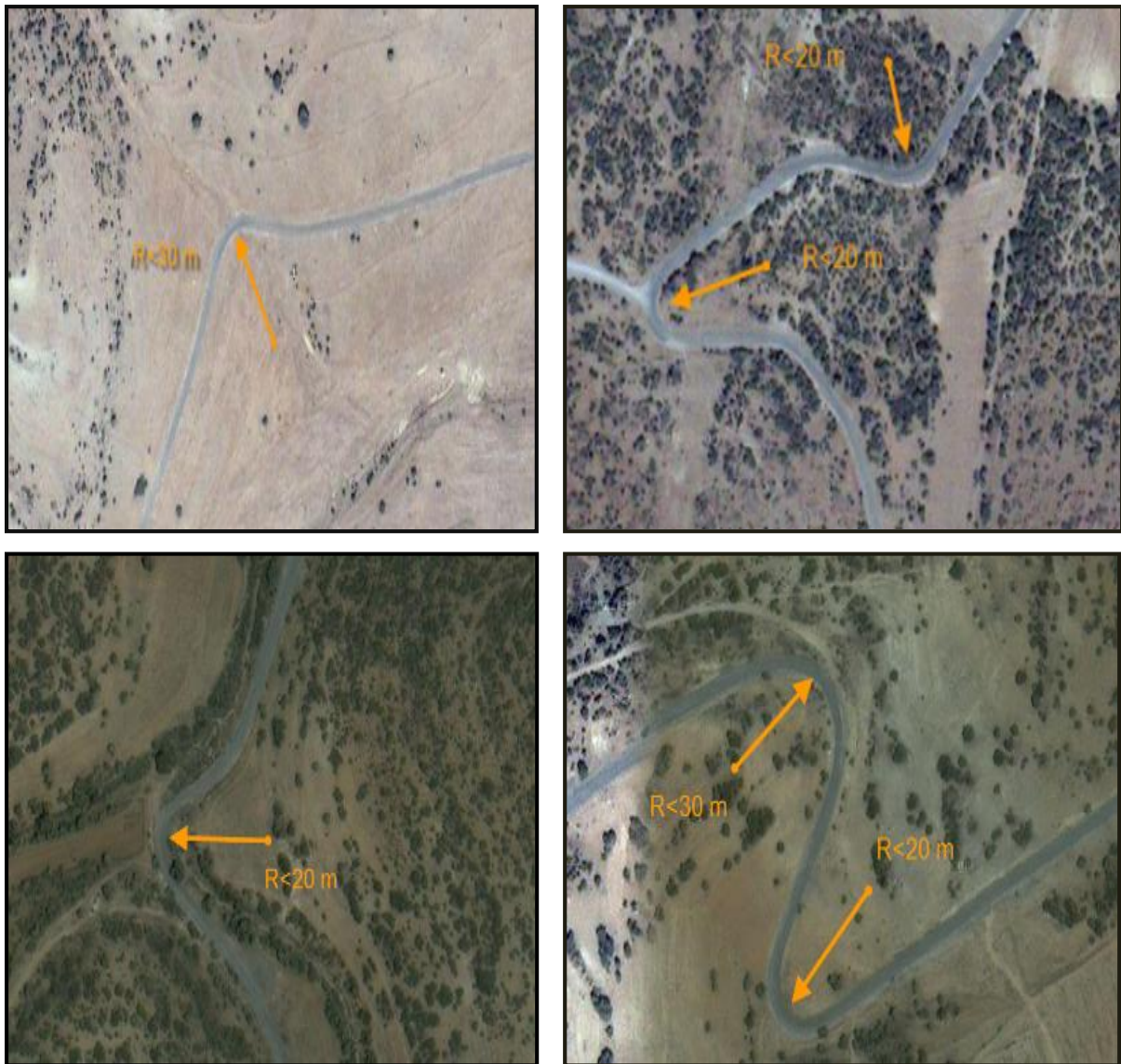


Fig.1.3.1 Images Google Earth montrant les rayons à éviter.

1.3.2 Profil en long :

L'état actuel de la route comporte des déclivités assez fortes de [10%-13 %]. La modernisation du profil en long consistera, donc à adopter des déclivités régulières en éliminant des éventuels sommets de cotes. Toute fois et dans le cas de relief difficile, il est possible d'appliquer des pentes allant jusqu'à 10%. Il est important de relever que la rectification du profil en long entrainera des quantités importantes de terrassement.

(Comme le révèle les images satellitaires ci dessous).



Fig.I.3.2 Images Google Earth montrant les fortes déclivités.

I.3.3 Profil en travers :

Lors de la visite effectuée sur le site nous avons constaté que la largeur de la chaussée n'est pas constante tout au long du tracé, elle varie entre (4.00 et 5.00m). Les accotements sont de l'ordre de 0.5 m à 1m, ce que ces photos montrent

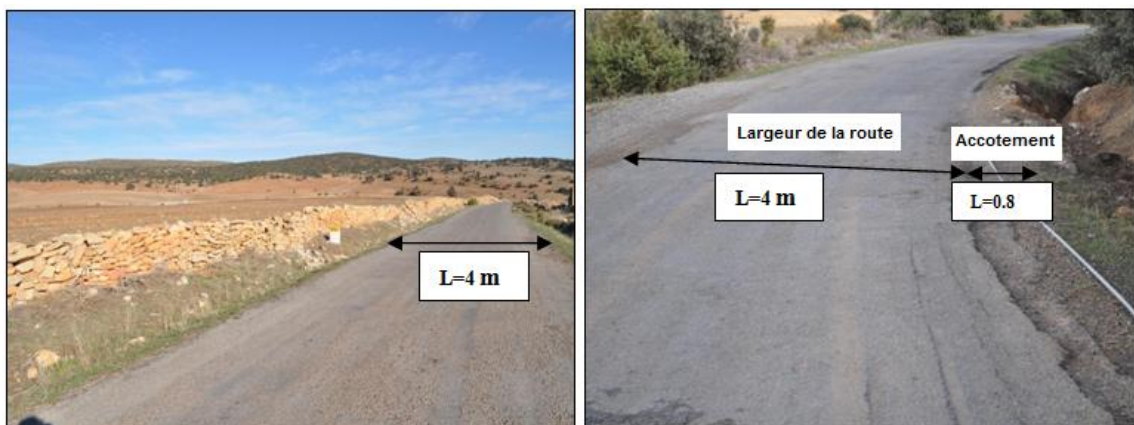


Fig.I.3.3 Aperçu sur le profil en travers de la route existante

I.3.4 Etat de la couche de surface :

La couche de surface est très dégradée sur le long de la route tel que représente par les photos prise sur site, nous avons remarqué plusieurs la présence de plusieurs types de dégradations : les déformations les fissures.



Fig. I.3.4 : Photos montrant l'état de dégradations de la chaussée actuelle.
On mettra pour chaque type de dégradations ses photos.

I.3.5 Etat du réseau d'assainissement :

❖ Les fossés

Une auscultation du réseau d'assainissement déjà existant au niveau du tronçon projeté a permis de relever les constats suivants :

- Les fossés naturels quant ils existent, sont en général mal calibrés, peu profonds avec une mauvaise pente longitudinale.
- Les accotements sont souvent de moyennes largeurs mal entretenus et caractérisés par une mauvaise pente entravant le ruissellement transversal des eaux.



Fig. I.3.5 .I Absence des fossés.



Fig. I.3.5.2 L'état des Ouvrages busé Ø600mm en maçonnerie.

I.4 Etude avant projet sommaire :

Elle consiste à étudier 3 variantes selon plusieurs critères et puis à la fin une variante sera retenue, celle-ci sera basée sur un plan de comparaison selon l'ensemble des critères suivant :

- Les contraintes rencontrées
- Topographie et géologie du site.
- Les conditions de sécurité et confort.
- Les terrassements et les déclivités maximales.
- Le coût du projet.

Généralement la zone concernée par le projet est une zone peu agricole de relief montagneux. Les différentes contraintes sur cette route sont les suivantes :

- Les lignes électriques moyennes tensions (MT).
- Les oueds et cours d'eau.
- Les propriétés privées.
- La topographie marquée par d'importantes déclivités.

I.5 Description des variantes :

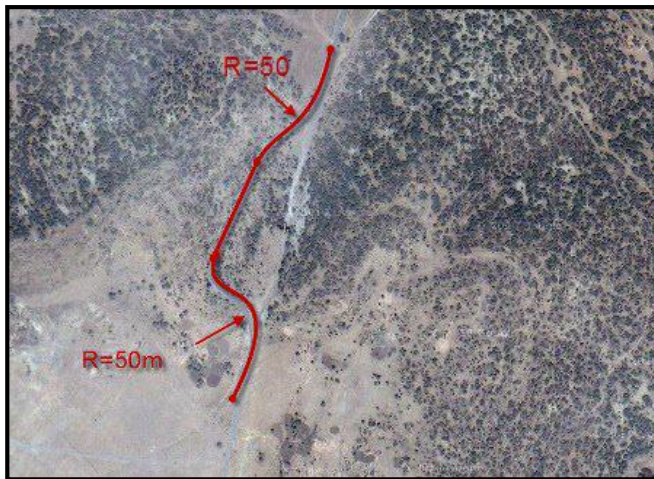
- **Variante I** : Consiste à suivre et à élargir 95% de l'ancienne route existante. sachant qu'il existe des points noirs sur la route qu'il faut éviter, et procéder à des rectifications sur le tracé en plan ou bien une augmentation des rayons au niveau de certains PK

La vitesse sera fixée à 40km km/h au niveau du PK 00+274.84 et au PK 00+645.53 car les rayons varient entre [50m-90m].



Fig.I.4 var I Images Google
Earth

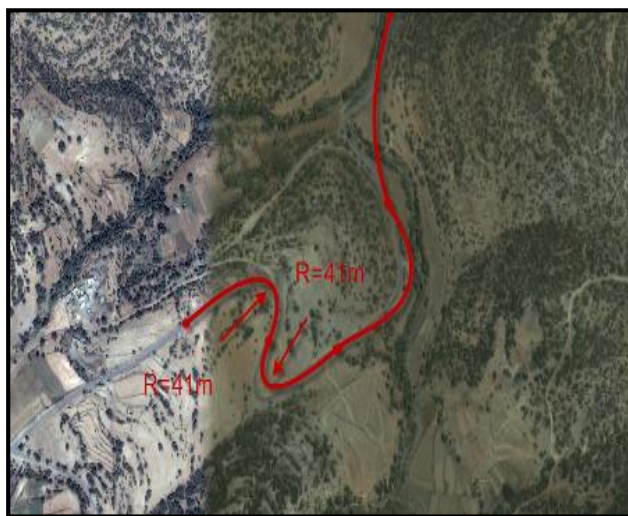
Ancienne route évitée cerclée en
jaune



PK 00+274.84 AU PK 00+645.53



PK 01+259.00 au PK 01+651.61



PK 08+358.82 au PK 08+981.38

Fig.I.4 Images Google Earth:
Montrant les zones où les rayons
sont améliorés.

- **Variante 2** : dans cette variante il est prévu un changement du tracé au niveau de quelques points noirs pour améliorer les caractéristiques de la route. La vitesse sera de 60 km/h le long de ce tracé.

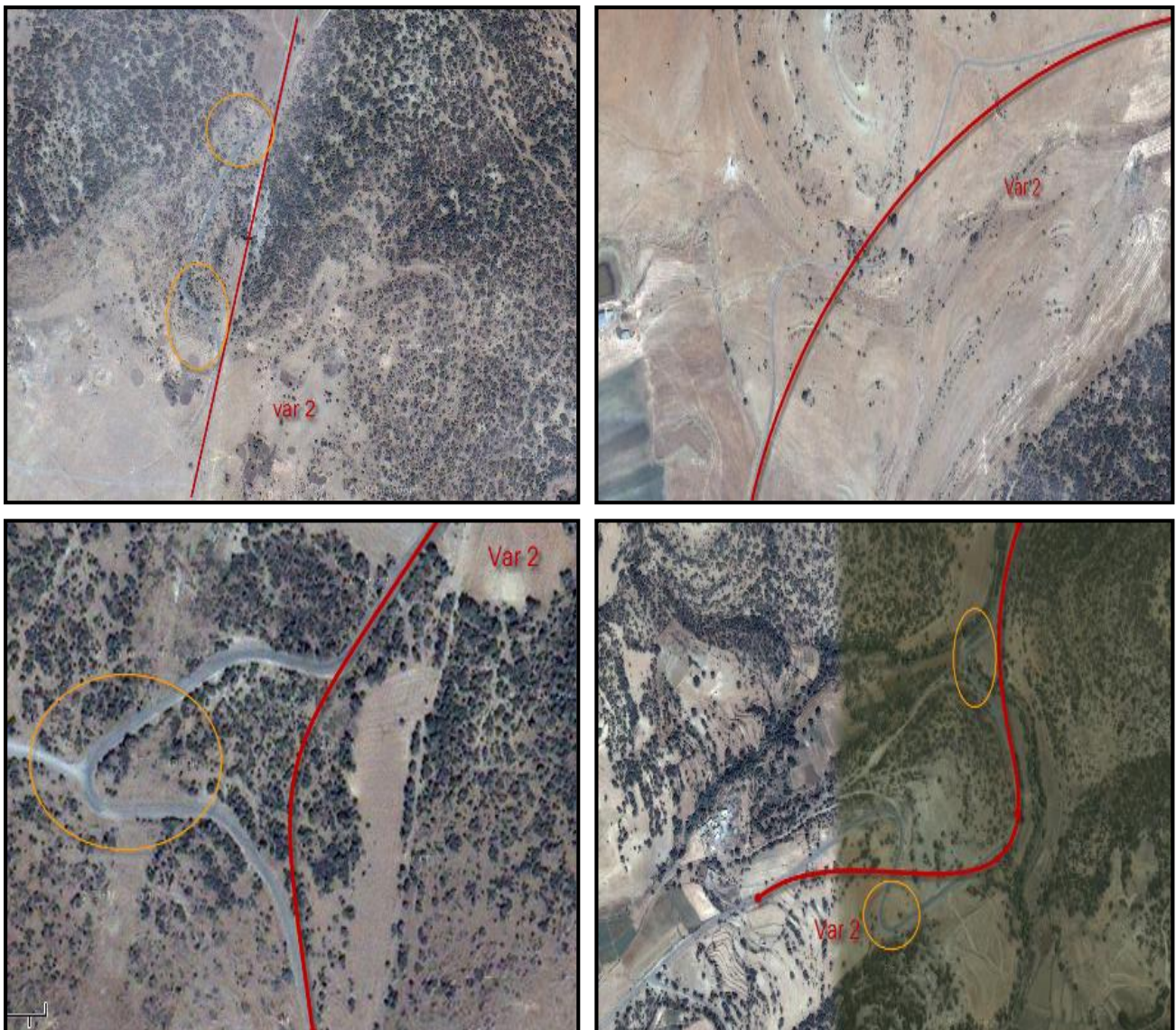


Fig. I.4 .var2 Images Google Earth: montrant les zones ou les rayons à éviter.

- **Variante 3** : Cette variante adhère sensiblement au même tracé que la variante I. la vitesse sera de 60 km/h sauf aux niveaux des PK 00+274.84 au PK 01+651.61. avec amélioration du le profil en long au niveau du PK 06+552.60 au PK 07+140.84 afin de réduire les déclivités.

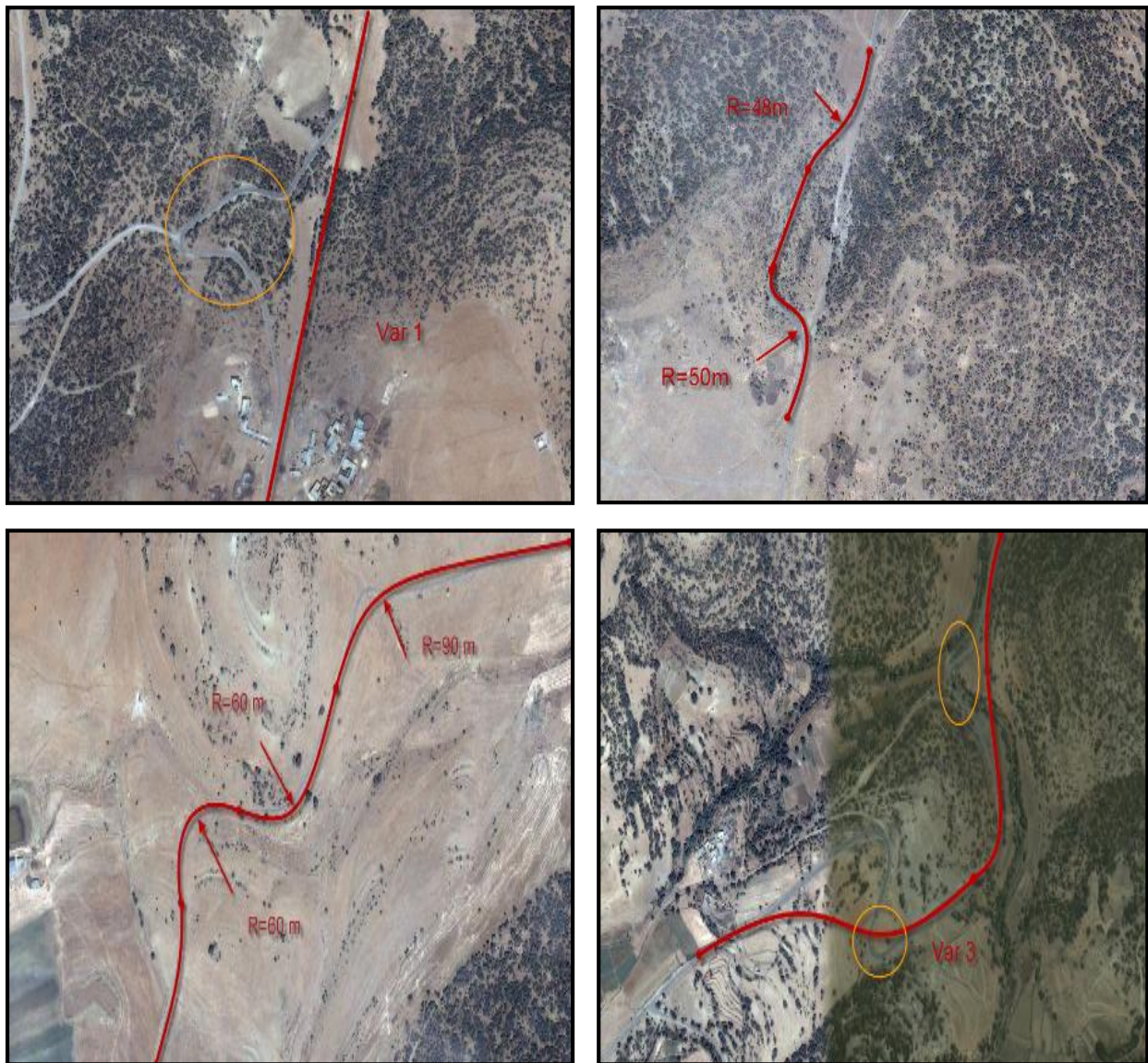


Fig. 1. Images Google Earth: montrant les zones ou les rayons à éviter et à améliorer.

❖ Comparaison entre les variantes :

	Variante 1	Variante 2	Variante 3
Longueur (m)	9524.371	9191.320	9330.568
Déclivités	9.97%	11.00%	10.63%
Sinuosité	forte	faible	moyenne
Volume des remblais (m ³)	63782	56205	29544
Volumes des déblais (m ³)	91883	98368	73697

1.6 Conclusion :

Les variantes 1 et 3 passent relativement par le même couloir et ont les sensiblement les mêmes caractéristiques du tracé. La catégorie de cette route et le trafic qu'elle draine, n'est pas d'autant plus important qu'elle nécessite un nouveau tracé différent de l'ancien donc l'aspect économique sera déterminant dans le choix de la variante retenue donc on retiendra la variante 3.

Chapitre 2

Etude du trafic

Etude du trafic

2.1 Introduction :

L'étude de trafic constitue un moyen important de saisie des grands flux à travers un pays ou une région, elle représente une partie appréciable des études de transport, et constitue parallèlement une approche essentielle de la conception des réseaux routiers. Cette conception repose, pour partie « stratégie, planification » sur la prévision des trafics sur les réseaux routiers, qui est nécessaires pour :

- Apprécier la valeur économique des projets.
- Estimer les coûts d'entretiens.
- Définir les caractéristiques techniques des différents tronçons.

2.2 Analyse de trafics existants :

L'étude du trafic est une étape importante dans la mise au point d'un projet routier et consiste à caractériser les conditions de circulation des usagers de la route (volume, composition, conditions de circulation, saturation, origine et destination). Cette étude débute par le recueil des données.

La mesure des trafics : cette mesure est réalisée par différents procédés complémentaires:

2.2.1 Les comptages :

Nous permettent de quantifier le trafic c'est l'élément essentiel de l'étude de trafic, on distingue deux types de comptage :

❖ Les comptages manuels :

Ils sont réalisés par les agents qui relèvent la composition du trafic pour compléter les indicateurs fournis par les comptages automatiques. Les comptages manuels permettent de connaître le pourcentage de poids lourds et les transports communs. Les trafics sont exprimés en moyenne journalière annuelle (T.J.M.A).

❖ Les comptages automatiques :

Ils sont effectués à l'aide d'appareil enregistreur comportant une détection pneumatique réalisée par un tube en caoutchouc tendu en travers de la chaussée. On distingue ceux qui sont permanents et ceux qui sont temporaires :

- Les comptages permanents.
- Les comptages temporaires.

L'inconvénient de cette méthode est que tout le matériel de comptage actuellement utilisés ne détecte pas la différence entre les véhicules légers et les poids lourds.

2.3 Différents types de trafic :

2.3.1 Trafic normal :

C'est un trafic existant sur l'ancien aménagement sans prendre compte du nouveau projet.

2.3.2 Trafic dévié :

C'est le trafic attiré vers la nouvelle route aménagée, et empruntant sans investissement d'autres routes ayant la même destination, la dérivation de trafic n'est qu'un transfert entre le différent moyen d'atteindre la même destination.

2.3.3 Trafic induit :

C'est le trafic qui résulte de :

- Des nouveaux déplacements des personnes qui s'effectuent et qui en raison de la mauvaise qualité de l'ancien aménagement routier ne s'effectuaient pas antérieurement ou s'effectuaient vers d'autres destinations.
- Une augmentation de production et de vente grâce à l'abaissement des coûts de production et de vente due une facilité apportée par le nouvel aménagement routier.

2.3.4 Trafic total :

Le trafic sur le nouvel aménagement qui sera la somme du trafic induit et du trafic dévié.

2.4 Modèles de présentation de trafic :

Dans l'étude des projections des trafics, la première opération consiste à définir un certain nombre de flux de trafic qui constitue des ensembles homogènes en matière d'évolution ou d'affectation.

Les diverses méthodes utilisées pour estimer le trafic dans le futur sont :

- Prolongation de l'évolution passée.
- Corrélation entre le trafic et des paramètres économiques.
- Modèle gravitaire.
- Modèle de facteur de croissance.

2.4.1 Prolongation de l'évolution passée :

La méthode consiste à extrapoler globalement au cours des années à venir l'évolution des trafics observés dans le passé. On établit en général un modèle de croissance du type exponentiel.

Le trafic T_n à l'année n sera : $TJMA_h = TJMA_0 (1+\tau)^n$

Ou $TJMA_0$: est le trafic à l'arrivée pour origine.

τ : est le taux de croissance.

2.4.2 Corrélation entre le trafic et des paramètres économiques :

Il consiste à rechercher dans le passé une corrélation entre le niveau de trafic d'une part et certains indicateurs macro-économiques :

- Produit national brut (PNB)
- Produits des carburants, d'autres part, si on pense que cette corrélation restera à vérifier dans le taux de croissance du trafic, mais cette méthode nécessite l'utilisation d'un modèle de simulation, ce qui sort de cadre de notre étude.

2.4.3 Modèle gravitaire :

Il est nécessaire pour la résolution des problèmes concernant les trafics actuels au futur proche, mais il se prête mal à la projection.

2.4.4 Modèle de facteurs croissance :

Ce type de modèle nous permet de projeter une matrice origine-destination. La méthode la plus utilisée est celle de FRATAR qui prend en considération les facteurs suivants :

- Le taux de motorisation des véhicules légers et utilisation.
- Le nombre d'emploi.
- La population de la zone. Cette méthode nécessite des statistiques précises et une recherche approfondie de la zone à étudier.

2.5 Calcul de la capacité :

2.5.1 Définition de la capacité :

La capacité et le nombre de véhicule qui peut raisonnablement passer sur une direction de la route « ou deux directions » avec des caractéristiques géométriques et de circulation qui lui sont propre durant une période bien déterminée, la capacité s'exprime sous forme d'un débit horaire.

2.5.2 La procédure de détermination de nombre de voies :

Le choix de nombre de voies résulte de la comparaison entre l'offre et la demande, c'est à dire, le débit admissible et le trafic prévisible à l'année d'exploitation. Pour cela il est donc nécessaire d'évaluer le débit horaire à l'heure de pointe pour la vingtième année d'exploitation.

❖ Calcul de TJMA horizon :

La formule qui donne le trafic journalier moyen annuel à l'année horizon est :

$$TJMA_h = TJMA_0 (1 + \tau)^n$$

$TJMA_0$, τ , n : sont définies précédemment.

❖ Calcul de trafic effectif :

C'est le trafic traduit en unités de véhicules particuliers (U.V.P) en fonction de :

- Type de route et de l'environnement : Pour cela on utilise des coefficients d'équivalence pour convertir les PL en (U.V.P).
- Le trafic effectif donné par la relation :

T_{eff} : trafic effectif à $T_{eff} = [(1 - Z) + PZ] \times TJMA_h$ l'horizon en

(UVP/j).

Z : pourcentage de poids lourds (%).

P : coefficient d'équivalence .Pour le poids lourd, il dépend de la nature de la route

Environnement	E1	E2	E3
Route à bonne caractéristiques	2-3	4-6	8-12
Route étroite	3-6	6-12	16-24

Tableau 2.5.2 : coefficients d'équivalence

❖ Evaluation de la demande :

C'est le nombre de véhicules susceptibles d'emprunter la route à l'année d'horizon.

$$Q = (I/n).T_{\text{aff}} \text{ en (UVP/h)}$$

$\left(\frac{1}{n}\right)$: Coefficient de pointe prise égale 0.12

❖ Evaluation de l'offre :

C'est le débit admissible que peut supporter une route :

$$Q_{\text{adm}} = K_1 K_2 C_{\text{th}}$$

C_{th} : La capacité théorique.

K_1 : Coefficient dépendant de l'environnement.

K_2 : coefficient de réduction de capacité.

❖ Application au projet :

Les données du trafic :

- TJMA (2011) = 116 v/j.
- Catégorie de route : C3.
- Environnement: E2.

- Taux d'accroissement du trafic =4% .
- Pourcentage de poids lourds Z = 6.67%.
- mise en service à l'année 2011.
- La durée de vie de la route 20 ans.

❖ Calcul du TJMA de l'année horizon :

$$TJMA_n = (1+t)^n TJMA_{2011}$$

$$TJMA_{2031} = (1+0.04)^{20} 116 \implies TJMA_{2031} = 254 \text{ v/j}$$

❖ Calcul de trafic effectif :

P : coefficient d'équivalence pour le poids lourd, pour notre cas P (E2, C3)=6 route bidirectionnelle étroite.

$$T_{\text{eff}} = [(1 - Z) + PZ] TJMA_{2031}$$

$$T_{\text{eff}} = [(1 - 0.0667) + (6 \times 0.0667)] 254 \implies T_{\text{eff}} = 339 \text{ uvp/j}$$

❖ Analyse de trafic de la route existante :

$$Q = (1/n) \cdot T_{\text{eff}} = 0.12 \times 339 \implies Q = 41 \text{ uvp/h}$$

Ce débit prévisible doit être inférieur au débit maximal que notre route peut offrir, c'est le débit admissible. $Q \leq Q_{\text{adm}}$.

$$Q \leq K_1 \times K_2 \times C_{\text{th}}$$

$$C_{\text{th}} \geq Q / (K_1 \times K_2)$$

Catégorie C3 et Environnement E2 alors $K_1=0.85$ et $K_2=0.99$

$$C_{\text{th}} \geq 41 / (0.85 \times 0.99) \text{ donc } \implies C_{\text{th}} \geq 49 \text{ uvp/h.}$$

$$Q_{\text{adm}} = K_1 \cdot K_2 \cdot C_{\text{th}}$$

$$C_{\text{th}} = 2000 \text{ uvp/h}$$

$$Q_{\text{adm}} = 0.95 \times 0.97 \times 2000 \implies Q_{\text{adm}} = 1843 \text{ uvp/h}$$

2.6 Conclusion :

D'après le calcul de capacité de la route, on constate que son profil en travers est de : une chaussée bidirectionnelle de $(2 \times 3.50\text{m})$ et 1.5 m d'accotements.

Chapitre 3

Tracé en plan

Tracé en plan

3.1 Introduction :

Le tracé en plan est la projection sur un plan horizontal de l'axe de la chaussée. C'est une succession de droites, d'arcs de cercle et de courbes de raccordement. La combinaison de ces éléments, en coordination avec le profil en long, doit en premier lieu permettre de réserver une proportion convenable de zones où la visibilité est suffisante pour permettre le dépassement. Simultanément, on doit éviter l'effet de monotonie et réduire en conduite nocturne le temps d'éblouissement par les phares lié aux grands alignements droits. Il est caractérisé par la vitesse de référence appelée aussi vitesse de base qui permet de définir les caractéristiques géométriques nécessaire de la route.

3.2 Modernisation du tracé en plan :

Le tracé existant présente une chaussée rétrécie qui a une sinuosité importante sur la grande partie de l'itinéraire, ce dernier est caractérisé par des successions d'alignements et courbes de faibles rayons. La modernisation consiste à l'amélioration du tracé en augmentant les rayons des virages, élargissement de la plate forme (chaussée, accotement) tout ceci est pour garantir une vitesse de référence de 60km/h.

3.3 Règles à respecter dans le tracé en plan :

Pour faire un bon tracé dans les normes avec un minimum de coût, on doit respecter certaines conditions à savoir :

- L'adaptation du tracé au terrain naturel afin d'éviter les grands mouvements de terre (les terrassements important).
- Se raccorder au réseau routier existant.
- Eviter de passer sur des terrains agricoles et zones forestières.
- Chercher le meilleur tracé possible évitant le maximum de propriétés privées.

- Eviter le franchissement des oueds afin d'éviter le maximum d'ouvrages d'art et cela pour des raisons économiques, si le franchissement est obligatoire éviter les ouvrages biais.
- Eviter les sites géologiquement instables.

3.4 Les éléments du tracé en plan :

3.4.1 Alignement :

Bien qu'en principe la droite soit l'élément géométrique le plus simple, son emploi dans le tracé des routes est restreint.

La cause en est qu'il présente des inconvénients, notamment :

- Eblouissement causé par les phares.
- Monotonie de conduite qui peut engendrer des accidents.
- Appréciation difficile des distances entre véhicules éloignés.
- Mauvaise adaptation de la route au paysage.

Il existe toute fois des cas où l'emploi d'alignement se justifie

- En plaine où des sinuosités ne seraient absolument pas motivées.
- Dans des vallées étroites.
- Le long de constructions existantes.
- Pour donner la possibilité de dépassement.
- La longueur des alignements dépend de :
- La vitesse de base, plus précisément de la durée du parcours rectiligne.
- Des sinuosités précédentes et suivant l'alignement.
- Du rayon de courbure de ces sinuosités.

$$L_{\min} = t \times V_B \quad T=5 \text{ sec} \quad V_B : \text{Vitesse en (m /s)}$$

$$L_{\max} = t \times V_B \quad T=60\text{sec}$$

3.4.2 Arcs de cercle :

Trois éléments interviennent pour limiter les courbures :

- Stabilité des véhicules en courbe.
- Visibilité en courbe.
- Inscription des véhicules longs dans les courbes de rayon faible.

❖ Stabilité en courbe :

Dans un virage R un véhicule subit l'effet de la force centrifuge qui tend à provoquer une instabilité du système, afin de réduire l'effet de la force centrifuge on incline la chaussée transversalement vers l'intérieure du virage (éviter le dérapage) d'une pente dite devers exprimée par sa tangente.

❖ Rayon horizontal minimal absolu :

$$RH \min = \frac{V_r^2}{127 (f_t + d_{\max})}$$

Ainsi pour chaque V_r on définit une série de couple (R, d).

❖ Rayon minimal normal :

$$RHN = \frac{(V_r + 20)^2}{127 (f_t + d_{\max})}$$

Le rayon minimal normal (RHN) doit permettre à des véhicules dépassant V_r de 20 km/h de rouler en sécurité

❖ Rayon au dévers minimal :

C'est le rayon au dévers minimal, au-delà duquel les chaussées sont déversées vers l'intérieur du virage et tel que l'accélération centrifuge résiduelle à la vitesse V_r serait équivalente à celle subie par le véhicule circulant à la même vitesse en alignement droit. Dévers associé $d_{\min} = 2.5\%$.

$$RHd = \frac{V_r^2}{127 \times 2 \times d_{\min}}$$

❖ Rayon minimal non déversé :

Si le rayon est très grand, la route conserve son profil en toit et le dévers est négatif pour l'un des sens de circulation ; le rayon min qui permet cette disposition est le rayon min non déversé (Rh_{nd}).

$$RHnd = \frac{V_r^2}{127 (f' - d_{\min})}$$

$f' = 0.07$ cat 3

$f' = 0.075$ cat 4-5

❖ Application au projet :

Pour notre projet qui est situé dans un environnement (E2), et classé en catégorie (C3) Avec une vitesse de base de 60km/h. Donc d'après le règlement des normes algériennes B40, on a le tableau suivant :

Paramètres	Symboles	Valeurs
Vitesse de base (km/h)	V_B	60
Rayon horizontal minimal (m)	$RH_m (7\%)$	115
Rayon horizontal normal (m)	$RH_n (5\%)$	220
Rayon horizontal déversé (m)	$RH_d (2.5\%)$	450
Rayon horizontal non déversé (m)	$RH_{nd} (-2.5\%)$	700

3.4.3 Sur-largeur :

Un long véhicule à 2 essieux, circulant dans un virage, balaye en plan une bande de chaussée plus large que celle qui correspond à la largeur de son propre gabarit. Pour éviter qu'une partie de sa carrosserie n'empiète sur la voie adjacente, on donne à la voie parcourue par ce véhicule une sur-largeur par rapport à sa largeur normale en alignement droit.

$$S = L^2 / 2R$$

L : longueur du véhicule (valeur moyenne $L = 10m$)

R : rayon de l'axe de la route

▪ Exemple de calcul

L : longueur du véhicule (valeur moyenne $L = 10 m$)

R : rayon de l'axe de la route.

Exemple : un rayon de $R=50 m$

$$S = 100/100 = 1.00m$$

3.4.4 Courbe de raccordement :

Un tracé rationnel de route moderne comportera des alignements, des arcs de cercle et entre eux, des tronçons de raccordement de courbure progressive, passant de la courbure 0 ($R = \text{infini}$) à l'extrémité de l'alignement à la courbure $1/R$ au début du cercle du virage.

❖ Types de courbe de raccordement :

Parmi les courbes mathématiques connues qui satisfont à la condition désirer d'une variation continue de la courbure, on a retenu les trois courbes suivantes :

▪ Parabole cubique :

Cette courbe est d'un emploi très limité vu le maximum de sa courbure vite atteint (utilisée dans les tracés de chemin de fer).

▪ Lemniscate :

Courbe utilisée pour certains problèmes de tracés de routes « trèfle d'autoroute » sa courbure est proportionnelle à la longueur de rayon vecteur mesuré à partir du point d'inflexion.

▪ Clothoïde :

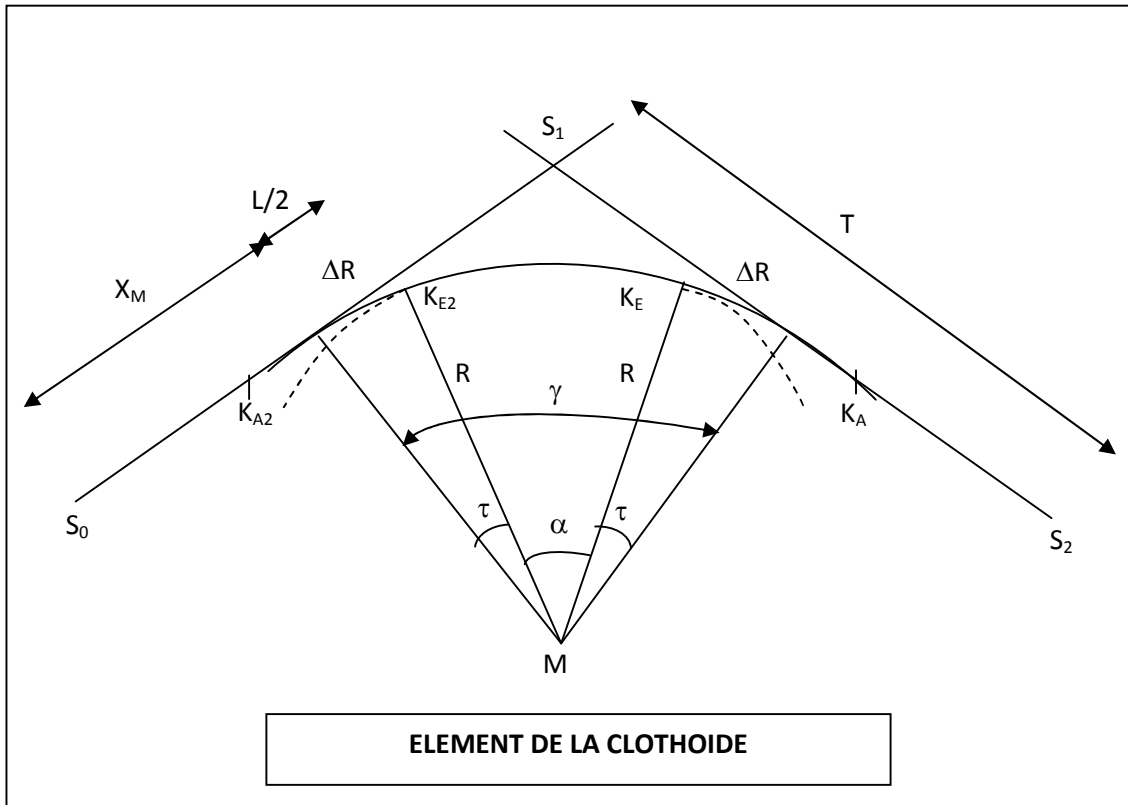
La clothoïde est une spirale, dont le rayon de courbure décroît d'une façon continue dès l'origine ou il est infini jusqu'au point asymptotique ou il est nul. La courbure de la clothoïde, est linéaire par rapport à la longueur de l'arc. Parcourue à vitesse constante, la clothoïde maintient constante la variation de l'accélération transversale, ce qui est très avantageux pour le confort des usagers.

❖ Expression de la clothoïde :

La courbe est proportionnelle à l'abscisse curviligne (ou la longueur curviligne L). $K = C \cdot L$

$$\text{On pose: } L / C = A^2 \Rightarrow L \cdot R = A^2$$

C'est -à- dire que pour le paramètre A choisi, le produit de la longueur L et du rayon R est constant.



▪ Condition optique :

La clothoïde doit aider à la visibilité de la route en amorçant le virage, la rotation de la tangente doit être $\leq 3^\circ$ pour être perceptible à l'œil. $R/3 \leq A \leq R$

Règle générale (B40):

- $R \leq 1500\text{m}$ $\Delta R = 1\text{m}$ (éventuellement 0.5m) $L = \sqrt{24 R \Delta R}$
- $1500 < R \leq 5000\text{m}$ $L \geq R/9$
- $R > 5000\text{m}$ $\Delta R = 2.5\text{m}$ $L = 7.75 \sqrt{R}$

▪ Condition confort dynamique :

Cette condition Consiste à limiter pendant le temps de parcours Δt du raccordement, la variation, par unité de temps, de l'accélération transversale.

$$L = \frac{V_r^2}{18} \left(\frac{V_r^2}{127R} - \Delta d \right)$$

V_r : vitesse de référence en (km /h).

R : rayon en (m).

Δd : variation de dévers.

▪ Condition de gauchissement :

Cette condition a pour objet d'assurer à la voie un aspect satisfaisant en particulier dans les zones de variation des dévers. Elle s'explique dans le rapport à son axe.

$L \geq I \cdot \Delta d \cdot V_R$ Avec :

L : longueur de raccordement.

I : Largeur de la chaussée.

Δd : variation de dévers.

❖ Nota :

La vérification des deux conditions relatives au gauchissement et au confort dynamique, peut se faire à l'aide d'une seule condition qui sert à limiter pendant le temps de parcours du raccordement, la variation par unité de temps, du dévers de la demi-chaussée extérieure au virage. Cette variation est limitée à 2%.

$$L \geq \frac{5 \times \Delta d \times V_r}{36}$$

Pour le confort et la sécurité des usagers, la vitesse de référence ne devrait pas varier sensiblement entre les sections différentes, un changement de celle-ci ne doit être admis qu'en coïncidence avec une discontinuité perceptible à l'usager (traverser d'une ville, modification du relief...etc.).

3.5 La vitesse de référence :

La vitesse de référence (V_r) est une vitesse théorique, qui sert à déterminer les valeurs extrêmes des caractéristiques géométriques et autres intervenant dans l'élaboration du tracé d'une route.

3.6 Choix de la vitesse de référence :

Le choix dépend de :

- Type de route.
- Importance et genre de trafic (volume, structure).
- Topographie. (degré de difficulté du terrain).
- Conditions économiques d'exécution et d'exploitation.

3.7 Vitesse de projet :

La vitesse de projet V_B est la vitesse la plus élevée pouvant être admise en chaque point de la route, compte tenu de la sécurité et du confort dans les conditions normales.

❖ Remarque :

La vitesse de référence choisie dans notre projet et de $V_r=60$ km/h.

3.8 Devers :

Pour l'évacuation des eaux pluviales au droit des alignements et assurer la stabilité dynamique des véhicules en courbe, la route nécessite un dévers qui est par définition la pente transversale de la chaussée.

❖ Paramètres fondamentaux :

Paramètres	Symboles	Valeurs
Vitesse (km/h)	V_B	60
Longueur minimale (m)	$L_{\min}$	84
Longueur maximale (m)	$L_{\max}$	1000
devers minimal (%)	$d_{\min}$	2.5
devers maximal (%)	$d_{\max}$	7
Temps de perception réaction (s)	t	2
Frottement longitudinal	f_L	0.46
Frottement transversal	f_t	0.18
Distance de freinage	d_0	30.35
Distance d'arrêt(m)	d_I	63.43
Distance de visibilité de dépassement minimale (m)	d_m	240
Distance de visibilité de dépassement normale (m)	d_N	360
Distance de visibilité de manœuvre de dépassement (m)	d_Md	120

3.9 Calcul D'axe :

Le calcul d'axe est l'opération de base par le quelle toute étude d'un projet routier doit Commencer. Elle consiste au calcul d axe point par point du début de tronçon jusqu' à la fin de celui-ci. Le calcul d axe se faire à partir d un point (A) précise dont on connaît ces coordonnées, Il ne peut se faire qu'après avoir déterminé le couloir par le quel la route doit passer.

3.9.1 Démarche à suivre :

Tout calcul d'axe doit suivre les étapes suivantes :

- Calcul de gisements.
- Calcul de l'angle entre alignements.
- Calcul de la tangente T.
- Calcul de la corde SL.

- Calcul de l'angle polaire.
- Vérification de non chevauchement.
- Calcul de l'arc de cercle.
- Calcul des coordonnées des points singuliers.

V_B	$X(m)$	$Y(m)$
S_1	624193.8720	3822590.1647
S_2	624500.5299	3822731.9928
S_3	624751.3924	3823237.2402

❖ Application au projet:

- Exemple de calcul d'axe manuellement

Caractéristiques de la courbe de raccordement :

❖ Détermination de L :

- Condition de confort optique :

$$R \leq 1500m \Rightarrow L \geq \sqrt{24 \times R \times \Delta R}$$

On prendre $\Delta R = 1m$, donc $L \geq \sqrt{24 \times 200 \times 1} = 69.28m$.

- Condition de confort dynamique :

$$R_{HN} \leq R \leq R_{Hd}$$

$$\Delta d = d - (-3) \quad d = ?$$

$$d = d_{\min} + \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{RHd} \right) \frac{d_{\min} - d_{RHN}}{\frac{1}{RHd} - \frac{1}{RHN}} \quad d = 5.30\%$$

$$\Rightarrow \Delta d = 5.30 - (-2.5) = 8.30 \%$$

$$L \geq \frac{V_B^2}{18} \left(\frac{V_B^2}{127.R} - \Delta d \right) \Rightarrow L \geq \frac{60^2}{18} \left(\frac{60^2}{127.200} - \Delta d \right) = 11.75m.$$

- Condition de gauchissement :

$$L \geq l \cdot \Delta d \cdot V_B \Rightarrow L \geq \left(\frac{5}{36} \right) \times 8.30 \times 60 = 69.17m.$$

D'après les 3 conditions on aura : $L \geq 69.28\text{m}$.

❖ calcul du paramètre A :

On sait que $A^2 = L.R$

$$\Rightarrow A = \sqrt{L.R} = 117.71\text{m. On prend : } A = 118\text{m donc } L = 69.62\text{m.}$$

La condition $\frac{R}{3} \leq A \leq R$ elle est vérifiée, $(66.67 \leq 118 \leq 200)$.

❖ Calcul de ΔR :

$$\Delta R = \frac{L^2}{24 \times R} = \frac{69.62^2}{24 \times 200} = 1.0092$$

$$G_{S1}^{S2} = \arctg\left(\frac{|\Delta y|}{|\Delta x|}\right) \Rightarrow G_{S1}^{S2} = \arctg\left(\frac{|624500.5299 - 624193.8720|}{|3822731.9928 - 3822590.1647|}\right)$$

$$\Rightarrow G_{S1}^{S2} = 72.4218 \text{ gr}$$

$$G_{S2}^{S3} = \arctg\left(\frac{|\Delta y|}{|\Delta x|}\right) \Rightarrow G_{S2}^{S3} = \arctg\left(\frac{|624751.3924 - 624500.5299|}{|3823237.2402 - 3822731.9928|}\right)$$

$$\Rightarrow G_{S2}^{S3} = 29.3389 \text{ gr}$$

❖ Calcul de l'angle γ :

$$\gamma = |G_{S1}^{S2} - G_{S2}^{S3}| = 43.0829\text{gr}$$

❖ Calcul de l'angle τ :

$$\tau = \frac{L}{2.R} \times \frac{200}{\pi} = \frac{69.62}{2.200} \times \frac{200}{\pi} = 11.0803\text{gr}$$

❖ Vérification de non chevauchement :

$$2.\tau = 22.1606\text{gr}$$

$$\gamma = 43.0829\text{gr} \quad 2.\tau \leq \gamma \Rightarrow \text{pas de chevauchement.}$$

❖ Calcul des distances :

$$D_{12} = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2} = \sqrt{306.6579^2 + 141.8281^2} = 337.8672\text{m.}$$

$$D_{23} = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2} = \sqrt{250.8624^2 + 505.2474^2} = 564.0983\text{m.}$$

❖ Calcul de l'abscisse du centre du cercle :

$$X_m = \frac{A^2}{2.R} = \frac{L}{2} = 34.81\text{m.}$$

❖ Abscisse de KE :

$$x = L \left(1 - \frac{L^2}{40.R^2} \right) = 75.4091\text{m.}$$

❖ Origine de KE :

$$y = \frac{L^2}{6.R} = 4.0391\text{m.}$$

❖ Calcul de la tangente :

$$T = X_m + (R + \Delta R) \text{tg}\left(\frac{\gamma}{2}\right) = 105.546\text{m.}$$

❖ Calcul des Coordonnées SL :

$$SL = \sqrt{X^2 + Y^2} = \sqrt{75.4091^2 + 4.0391^2} = 75.5172\text{m.}$$

❖ Calcul de σ :

$$\sigma = \arctg\left(\frac{y}{x}\right) = \arctg\left(\frac{4.0391}{75.4091}\right) = 3.4066\text{gr.}$$

❖ Calcul de l'arc :

$$\alpha = \gamma - 2\tau = 43.0829 - 22.1606 = 20.9223 \text{ gr.}$$

$$\widehat{K_{E1}K_{E2}} = \frac{R.p.a}{200} = \frac{200 \times \pi \times 20.9223}{200} = 65.7293 \text{ m.}$$

❖ Calcul des coordonnées des points singuliers :

$$X_{KA1} = X_{S1} - (D12 - T)\cos(G_{S1}^{S2})$$

$$Y_{KA1} = Y_{S1} - (D23 - T)\sin(G_{S1}^{S2})$$

$$\begin{cases} X_{KA1} = 624193.8720 - (337.8672 - 105.546)\cos(72.4218) \\ Y_{KA1} = 3822590.1647 - (337.8672 - 105.546)\sin(72.4218) \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} X_{KA1} = 624096.3494 \text{ m.} \\ Y_{KA1} = 3822379.3030 \text{ m.} \end{cases}$$

$$X_{KA2} = X_{S2} - T\cos(G_{S2}^{S3})$$

$$Y_{KA2} = Y_{S2} - T\sin(G_{S2}^{S3})$$

$$\begin{cases} X_{KA2} = 624500.5299 - 105.546\cos(29.3389) \\ Y_{KA2} = 3822731.9928 - 105.546\sin(29.3389) \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} X_{KA2} = 624405.9952 \text{ m.} \\ Y_{KA2} = 3822685.0540 \text{ m.} \end{cases}$$

$$X_{KE1} = X_{KA1} - SL\cos(\sigma + G_{S1}^{S2})$$

$$Y_{KE1} = Y_{KA1} - SL\sin(\sigma + G_{S1}^{S2})$$

$$\begin{cases} X_{KE1} = 624096.3494 - 75.5172\cos(3.4066 + 72.4218). \\ Y_{KE1} = 3822379.3030 - 75.5172\sin(3.4066 + 72.4218). \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} X_{KE1} = 624068.3605 \text{ m} \\ Y_{KE1} = 3822309.1640 \text{ m} \end{cases}$$

$$\begin{aligned}X_{KE2} &= X_{KA2} + SL\sin(G_{S2}^{S3} - \sigma) \\Y_{KE2} &= Y_{KA2} + SL\cos(G_{S2}^{S3} - \sigma)\end{aligned}$$

$$\begin{cases} X_{KE2} = 624405.9952 + 75.5172\sin(29.3389 - 3.4066) \\ Y_{KE2} = 3822685.0540 + 75.5172\cos(29.3389 - 3.4066) \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} X_{KE2} = 624435.9130\text{m} \\ Y_{KE2} = 3822714.1640\text{m} \end{cases}$$

❖ **Remarque :**

Les calculs d'axe sont faits à l'aide du logiciel **AUTOPISTE 9.I** et sont joints dans l'annexe.

Chapitre 4

Profil en long

Profil en long

4.1 Définition :

Le but principal du profil en long est d'assurer pour le conducteur une continuité dans l'espace de la route afin de lui permettre de prévoir l'évolution du tracé et une bonne perception des points singuliers. Afin d'éviter des terrassements importants une correction de la ligne rouge sera exécutée tout en respectant les conditions technique d'aménagements des routes.

4.2 Modernisation du profil en long :

La route à l'état actuel comporte des déclivités importantes localisées dans le majeur parti du tracé. La modernisation du profil en long consistera adopter des déclivités régulières .

4.3 Règles pratiques pour le tracé du profil en long :

Le tracé de la ligne rouge qui constitue la ligne projet retenue n'est pas arbitraire, mais il doit répondre à certaines conditions concernant le confort, la stabilité, la sécurité et l'évacuation des eaux pluviales. Parmi ces conditions il a lieu :

- Une limitation des déclivités suivant les normes.
- D'adapter le terrain pour minimiser les travaux de terrassement qui peuvent être.
- Rechercher un équilibre entre le volume des remblais et le volume des déblais.
- Un profil en long en léger remblai est préférable à un profil en long en léger déblai, qui complique l'évacuation des eaux et isole la route du paysage.
- Un profil en long en léger remblai est préférable à un profil en long en léger déblai, qui complique l'évacuation des eaux et isole la route du paysage.
- Eviter une hauteur excessive en remblai.

- Assurer une bonne coordination entre le tracé en plan et le profil en long, la combinaison des alignements et des courbes en profil en long doit obéir à certaines règles.
- Eviter les angles rentrants en déblai, car il faut éviter la stagnation des eaux et assurer leur écoulement.
- Il faut éviter de placer un point bas du profil en long dans une zone de déblai et en sens inverse, il est contre indiqué de prévoir un remblai dans un point haut.
- Remplacer deux cercles voisins de même sens par un cercle unique.
- Adapter le profil en long aux grandes lignes du paysage.

4.4 Coordination du tracé en plan et profil en long :

Pour établir une bonne route, il ne faut pas séparer l'étude du profil en long à celle du tracé en plan, même si considéré isolément, sont à la fois conformes aux normes et aux règles de l'art, et convenablement adapté au terrain. Comme l'axe de la route est une courbe dont l'aspect en perspective dépend de la combinaison du tracé en plan et du profil en long, il faut aussi que le tracé en plan et le profil en long de la route aient fait l'objet d'une étude d'ensemble assurant leur coordination. Celle-ci a pour objectif principal d'assurer aux usagers :

- De distinguer la chaussée et les obstacles qu'il pourrait trouver sur chemin suffisamment à l'avance (condition de visibilité).
- De distinguer clairement les dispositions des points singuliers (échangeurs, carrefours, aires de services ...etc.)
- De prévoir de loin l'évolution du tracé
- D'apprécier l'adaptation au terrain, sans être abusé par des trompe-l'œil, ou gênés par des coudes, des brisures, des discontinuités désagréables.

Pour éviter les défauts de résultats d'une mauvaise coordination du tracé en plan – profil en long, les règles suivantes sont à suivre :

- si le profil en long est convexe, augmenter le ripage du raccordement introduisant une courbe en plan.
- De prévoir de loin l'évolution du tracé.
- D'apprécier l'adaptation au terrain, sans être abusé par des trompe-l'œil, ou gênés par des coudes, des brisures, des discontinuités désagréables.

Pour éviter les défauts de résultats d'une mauvaise coordination du tracé en plan – profil en long, les règles suivantes sont à suivre :

- si le profil en long est convexe, augmenter le ripage du raccordement introduisant une courbe en plan.
- Avant un point haut, amorcer la courbe en plan (rotation de l'axe visible de 2° à 3°) Lorsque le tracé en plan et le profil en long sont simultanément en courbe, faire coïncider les plus possibles raccordements en plan et en profil en long et porter les rayons de raccordement vertical à 6 fois au moins le rayon en plan en plan.

4.5 Paliers et déclivités :

Les paliers sont des sections de routes horizontales. Un véritable palier est à éviter, parce que l'écoulement longitudinal des eaux y est mal assuré et une humidité néfaste à la chaussée tend à s'y maintenir pendant toute la mauvaise saison. La déclivité est la tangente de l'angle que fait le profil en long avec l'horizontale. Elle est dénommée rampe si la route s'élève dans le sens du kilométrage, et pentes dans le cas contraire.

4.5.1 Déclivité minimale :

- Il est recommandé d'éviter les pentes inférieures à 1%, et surtout à 0.5% et ceci dans le but d'éviter la stagnation des eaux.
- Dans les longues sections en déblais on prend $I_{min} = 0.5\%$ pour que les ouvrages de canalisation ne soient pas profonds.

4.5.2 Déclivité maximale :

La déclivité maximale est acceptée particulièrement dans les courtes distances inférieures à 1500m, à cause de :

- La réduction de la vitesse et l'augmentation des dépenses de circulation par la suite (cas de rampe Max).
- L'effort de freinage des poids lourds est très important qui fait l'usure de pneumatique (cas de pente max.)

Tableau de valeur de la déclivité maximale (B40) :

$V_B(\text{km/h})$	40	60	80	100	120	140
$I_{max}(\%)$	8	7	6	5	4	4

4.6 Raccordements en profil en long :

Les changements de déclivités constituent des points particuliers dans le profil en long. Ce changement doit être adouci par l'aménagement de raccordement circulaire qui y doit satisfaire les conditions de visibilité et de confort. On distingue deux types de raccordements :

4.6.1 Raccordements convexes (angle saillant) :

Les rayons minimums admissibles des raccordements paraboliques en angles saillants, sont déterminés à partir de la connaissance de la position de l'œil humain, des obstacles et des distances d'arrêt et de visibilité.

❖ Condition de confort :

Elle consiste à limiter l'accélération verticale à laquelle le véhicule sera soumis lorsque le profil en long comporte une forte courbure convexe.

Limitation de l'accélération verticale, le rayon de raccordement à retenir sera donc égal à $V_r^2/R_v < g/40$ pour $g=10\text{m/s}^2$

D'où $R_v \geq 0,3 V_r^2$ (cat. 1-2).

$R_v \geq 0,23 V_r^2$ (cat 3-4-5).

Tel que

R_v : rayon vertical (m).

V : vitesse de référence (km /h).

❖ Condition de visibilité :

Elle intervient seulement dans les raccordements des points hauts comme condition supplémentaire à celle de condition confort. Il faut que deux véhicules circulant en sens opposés puissent s'apercevoir à une distance double de la distance d'arrêt au minimum. Le rayon de raccordement est donné par la formule suivante :

$$R_v = \frac{D_1^2}{2(h_0 + h_1 + 2 \times \sqrt{(h_0 + h_1)})}$$

D_1 : Distance d'arrêt (m)

h_0 : Hauteur de l'œil (m)

h_1 : Hauteur de l'obstacle (m)

4.6.2 Raccordements concaves (angle rentrant) :

Dans le cas de raccordement dans les points bas, la visibilité du jour n'est pas déterminante, plutôt c'est pendant la nuit qu'on doit s'assurer que les phares du véhicule devront éclairer un tronçon suffisamment long pour que le conducteur puisse percevoir un obstacle, la visibilité est assurée pour un rayon satisfaisant la relation :

$$R_v' = \frac{d_1^2}{(1.5 + 0.035d_1)}$$

❖ Condition d'ordre esthétique :

Une grande route moderne doit être conçue et réalisée de façon à procurer à l'usager une impression d'harmonie, d'équilibre et de beauté pour cela il faut éviter de donner au profil en long une allure sinusoïdale en changeant le sens de déclivités sur des distances courtes, pour éviter cet effet on imposera une longueur de raccordement minimale et ($b > 50$) pour des dévers $d < 10\%$ 'spécial échangeur'.

$$R_{vmin} = 100 \times \left(\frac{50}{\Delta d\%} \right)$$

Δd : Changement de dévers (%)

R_{vmin} : Rayon vertical minimum (m)

❖ Application au projet :

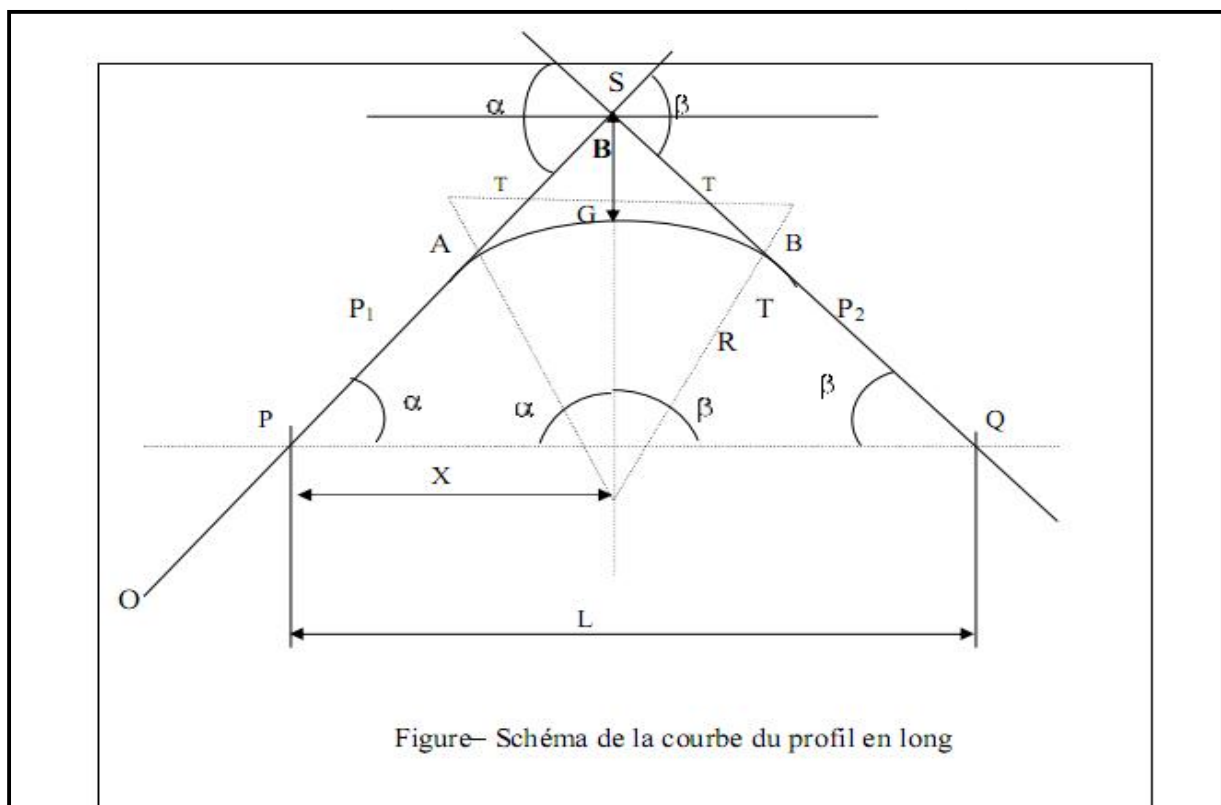
Pour le CW 106, et une vitesse $V_B = 60$ km/h et C3 on a alors les paramètres suivants (selon le B40) :

les rayons convexes et concaves et rayon assurant d_m dépassement :

Rayon		Symbole	Valeur (m)
Rayon convexe	min absolu	R_{Vm2}	1300
	min normal	R_{VN2}	3500
Rayon concave	min absolu	R'_{Vm}	1100
	Min normal	R'_{VN}	1600
Rayon de dépassement		R_{VD}	5000
Déclivité max $I_{max} = 7\%$			

4.9 Éléments nécessaires au calcul du profil en long :

Après la projection des pentes du profil en long on procède au calcul des coordonnées des points de tangence en coordonnées rectangulaires.

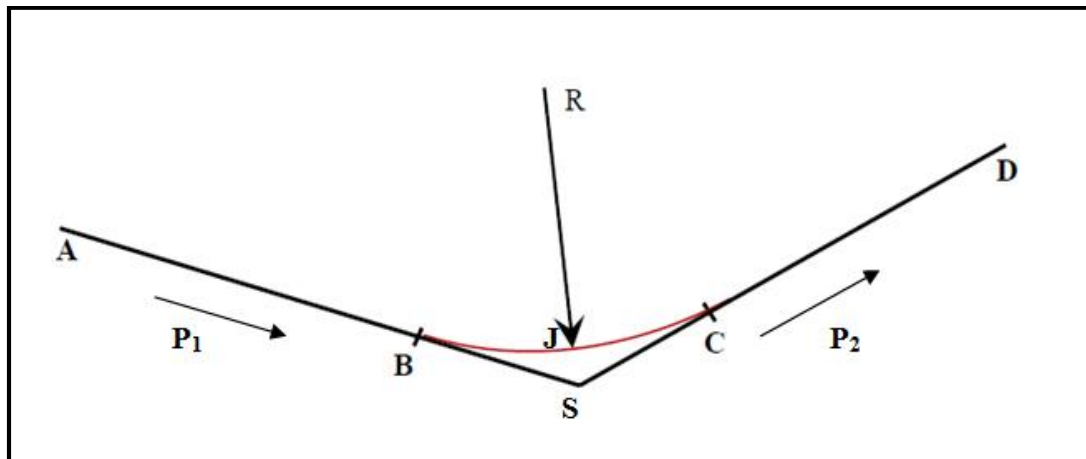


Avec :

- A et B : extrémités du raccordement.
- T : tangente de part et d autre du sommet.
- G : milieu de raccordement situé sur la variante.

- B : Bissectrice.
- P, Q : deux points connus sur P1 et P2.
- O: centre du cercle de rayon R.
- X : distance entre le sommet et un point P sur P1.
- S : sommet ou point de changement de déclivité.
- L : distance entre les deux points P et Q.

❖ Application au projet:



❖ Les points du profil en long :

$$A \begin{cases} PK = 4683.016 \\ Z = 1292.1336 \end{cases} \quad S \begin{cases} PK = 4728.216 \\ Z = 1289.8632 \end{cases} \quad D \begin{cases} PK = 4794.82 \\ Z = 1289.6664 \end{cases}$$

Rayon R= 1800 m.

❖ Calcul des pentes :

$$P_1 = \frac{Z_S - Z_A}{X_S - X_A} \Rightarrow P_1 = -5.02\%$$

$$P_2 = \frac{Z_D - Z_S}{X_D - X_S} \Rightarrow P_2 = -0.30\%$$

❖ Calcul des tangentes :

$$T = \frac{R}{2} \times (|P_1| + |P_2|) \Rightarrow T = 47.88 \text{ m}$$

❖ Calcul de la flèche B_X :

$$B_X = \frac{T^2}{(2 \times R)} \Rightarrow B_X = 0.63 \text{ m}$$

❖ Calcul des coordonnées des points de tangentes :

$$B \begin{cases} PK_B = PK_S - T \Rightarrow PK_B = 4680.336 \text{ m} \\ Z_B = Z_S + T \times |P_1| \Rightarrow Z_B = 1289.260 \text{ m} \end{cases}$$

$$C \begin{cases} PK_C = PK_S + T \Rightarrow PK_C = 4776.096 \text{ m} \\ Z_C = Z_S - T \times |P_2| \Rightarrow Z_C = 1289.719 \text{ m} \end{cases}$$

❖ Calcul de la longueur de raccordement:

$$L = 2 \times T \Rightarrow L = 95.96 \text{ m}$$

❖ Calcul des coordonnées du point J :

$$\begin{cases} PK_{J/A} = R \times P_1 = 90.36 \text{ m} \\ Z_{J/A} = PK_{J/A} \times P_1 - \frac{(PK_{J/A})^2}{2 \times R} = 2.27 \text{ m} \end{cases}$$

$$\begin{cases} PK_j = PK_B + PK_{J/A} \Rightarrow PK_j = 4770.696 \text{ m} \\ Z_j = Z_B - Z_{J/A} \Rightarrow Z_j = 1286.99 \text{ m} \end{cases}$$

❖ Remarque :

Les calculs d'axe sont faits à l'aide du logiciel AUTOPISTE 9.1 et sont joints dans l'annexe.

Chapitre 5

Profil en travers

Profil en travers

5.1 Définition :

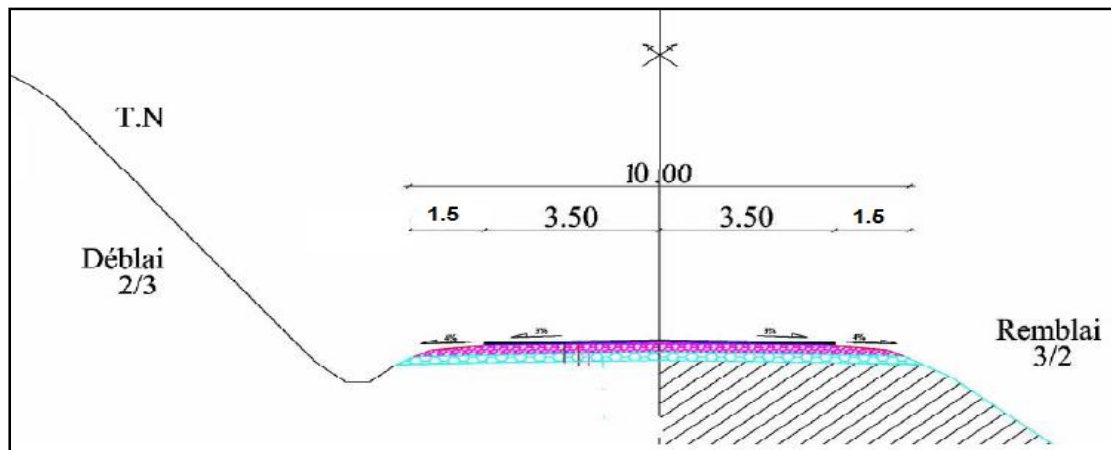
Le profil en travers est le levé perpendiculaire à l'axe de la route sur un plan vertical. La plate forme des routes comprend la chaussée, les accotements latéraux et éventuellement un terre-plein central.

Un projet routier comporte le dessin d'un grand nombre de profils en travers, pour éviter de rapporter sur chacun de leurs dimensions, on établit tout d'abord un profil unique appelé « profil en travers » contenant toutes les dimensions et tous les détails constructifs (largeurs des voies, chaussées et autres bandes, pentes des surfaces et talus, dimensions des couches de la superstructure, système d'évacuation des eaux etc...).

5.2 Modernisations du profil en travers :

La route existante présente un profil en travers caractérisé par une chaussée de largeur variable. En effet La sortie sur site nous a permis, en premier de relevé que la largeur de la chaussée existante n'est pas fixe le long de tracé (varie entre 4m et 6m), en second lieu de constater une insuffisance des accotements et leur absences au niveau de certaines sections de la route. La modernisation du profil en travers du tronçon en question du CWI06 nécessite un élargissement du profil en travers actuel, mais le coté de élargissement est variable le long de l'itinéraire, il est en fonction des contraintes rencontrés aux bords de la plate forme.

5.3 Eléments du profil en travers :



5.3.1 La chaussée :

C'est la partie affectée à la circulation des véhicules.

5.3.2 La largeur roulable :

Elle comprend les sur-largeurs de chaussée, la chaussée et bande d'arrêt.

5.3.3 La plate forme :

C'est la surface de la route située entre les fossés ou les crêtes des talus de remblais, comprenant la chaussée et les accotements, éventuellement les terre-pleins et les bandes d'arrêts.

5.3.4 L'assiette :

C'est la surface de la route délimitée par les terrassements.

5.3.5 L'emprise :

C'est la surface du terrain naturel affectée à la route et à ses dépendances (talus, chemins de désenclavement, exutoires, etc...) limitée par le domaine public.

5.3.6 Les accotements :

En dehors des agglomérations, les accotements sont dérasés. Ils comportent généralement les éléments suivants :

- Une bande de guidage.
- Une bande d'arrêt.

- Une berme extérieure.

5.3.7 Le fossé :

C'est un ouvrage hydraulique destiné à recevoir les eaux de ruissellement provenant de la route et talus et les eaux de pluie.

5.4 Classification de profil en travers :

On distingue deux types de profils :

- Profil en travers courant.
- Profil en travers type.

5.4.1 Le profil en travers courant :

Le profil en travers courant est une pièce de base dessinée dans les projets à des distances régulières (10, 15, 20,25m...).qui servent à calculer les cubatures.

5.4.2 Le profil en travers type :

C'est une pièce de base dessinée dans les projets de nouvelles routes ou L'aménagement de routes existantes. Il contient tous les éléments constructifs de la future route, dans toutes les situations (en remblais, déblais).ou mixte.

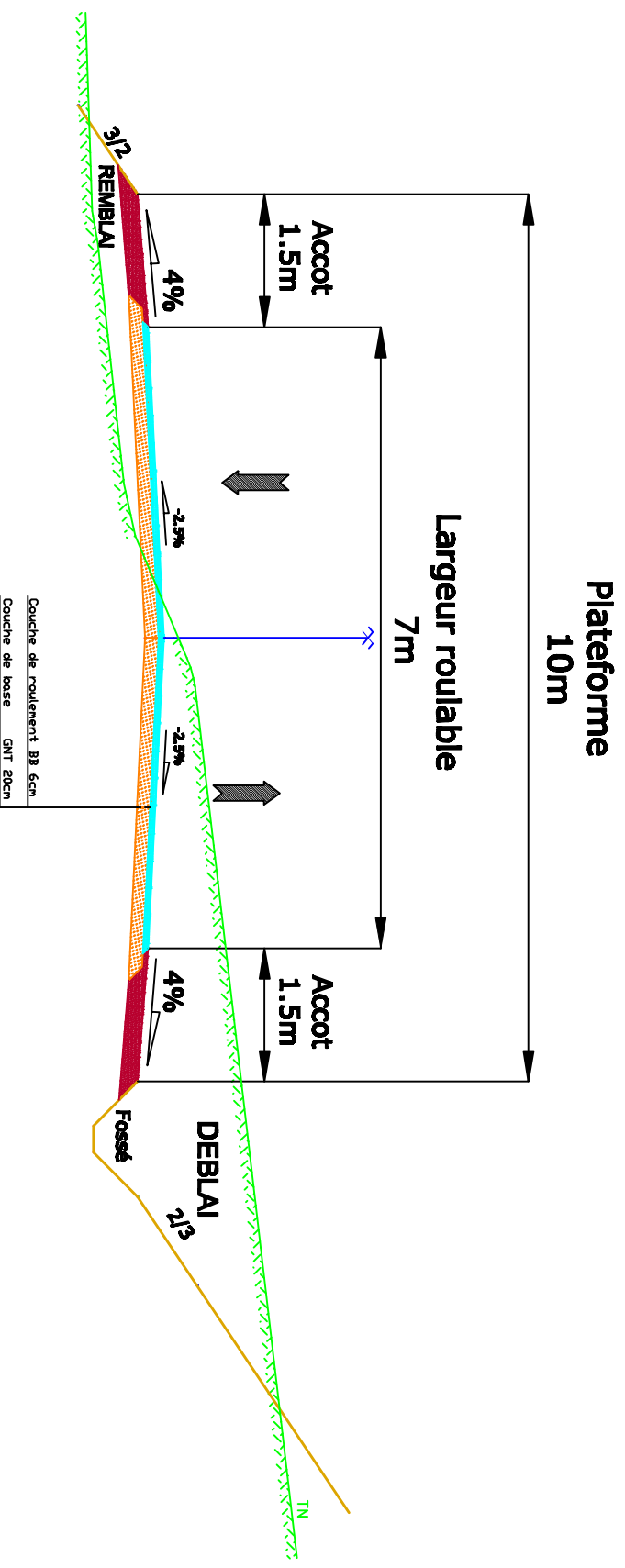
❖ Application au projet :

Après l'étude de trafic, le profil en travers type retenu pour le CWI06 sera composé d'une chaussée bidirectionnelle. Les éléments du profil en travers type sont comme suit :

- Chaussée : $3.5 \times 2 = 7.00$ m
- Accotements : $2 \times 1.5\text{m} = 3$ m
- Plate forme : 10 m

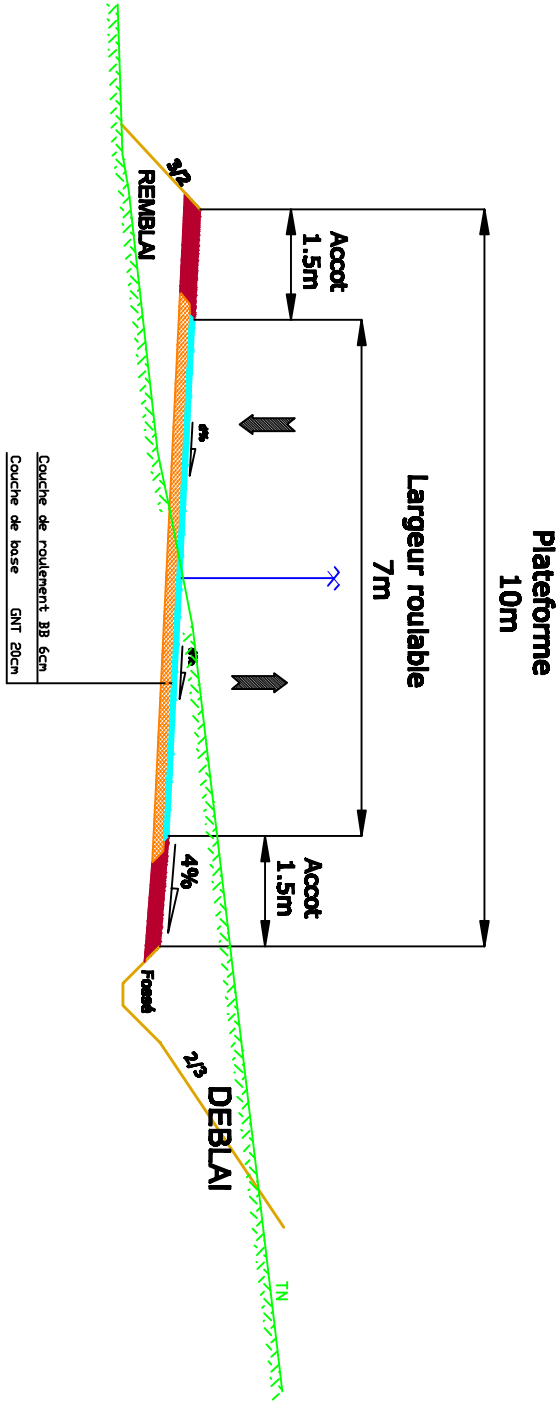
Profil en travers type travaux neufs

Profil en travers type en alignement droit du CW106



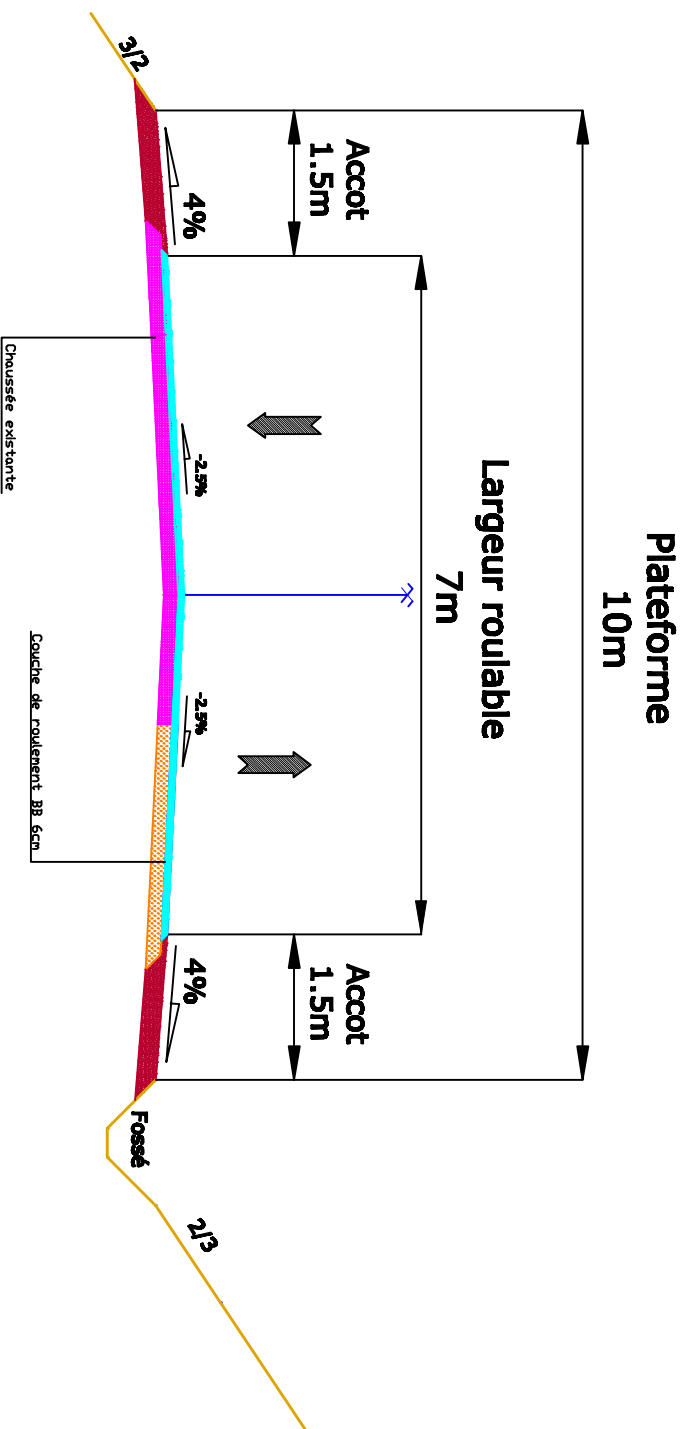
Profil en travers type travaux neufs

Profil en travers type en courbe du CW106



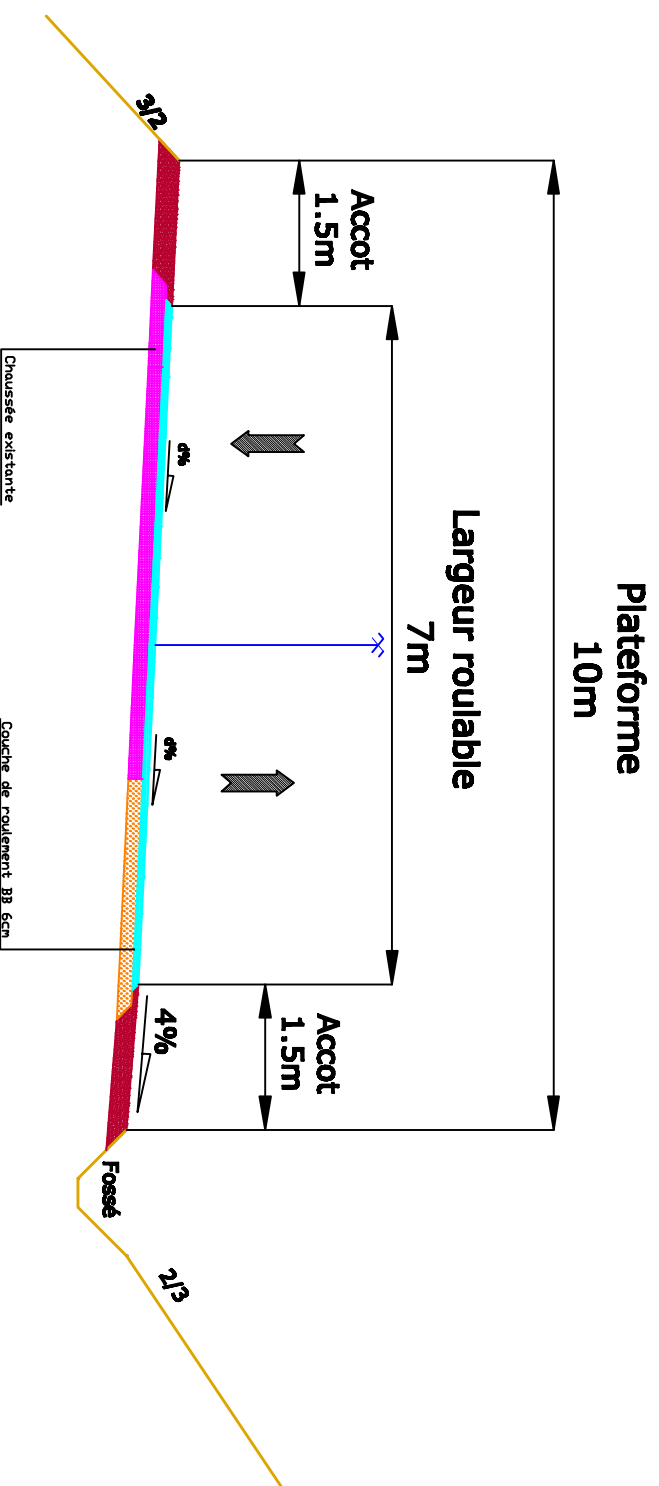
Profil en travers type avec chaussée existante

Profil en travers type en alignement droit du CW106



Profil en travers type avec chaussée existante

Profil en travers type en courbe du CW106



Chapitre 6

Cubature

Cubature

6.1 Introduction :

Les mouvements des terres désignent tous les travaux de terrassement, et ils ont objectif primordial de modifier la forme du terrain naturel pour qu'il soit disponible à recevoir des ouvrages en terme général.

Ces actions sont nécessaires et fréquemment constatées sur les profils en longs et les profils en travers. La modification de la forme du terrain naturel comporte deux actions, la première s'agit d'ajouter des terres (remblai) et la deuxième s'agit d'enlever des terres (déblai). Le calcul des volumes des déblais et des remblais s'appelle « les cubatures des terrassements ».

6.2 Définition :

On définit les cubatures par le nombre des cubes de déblais et remblais que comporte le projet à fin d'obtenir une surface uniforme sensiblement rapprocher et sous adjacente à la ligne rouge de notre projet.

Le profil en long et le profil en travers doivent comporter un certain nombre de points suffisamment proches pour que les lignes joignent ces points différents le moins possible de la ligne du terrain qu'il représente.

6.3 Méthode de calcul des cubatures :

Les cubatures sont Les calculs effectués pour avoir les volumes des terrassements existants dans notre projet. Les cubatures sont fastidieuses, mais Il existe plusieurs méthodes de calcul des cubatures qui simplifie le calcul.

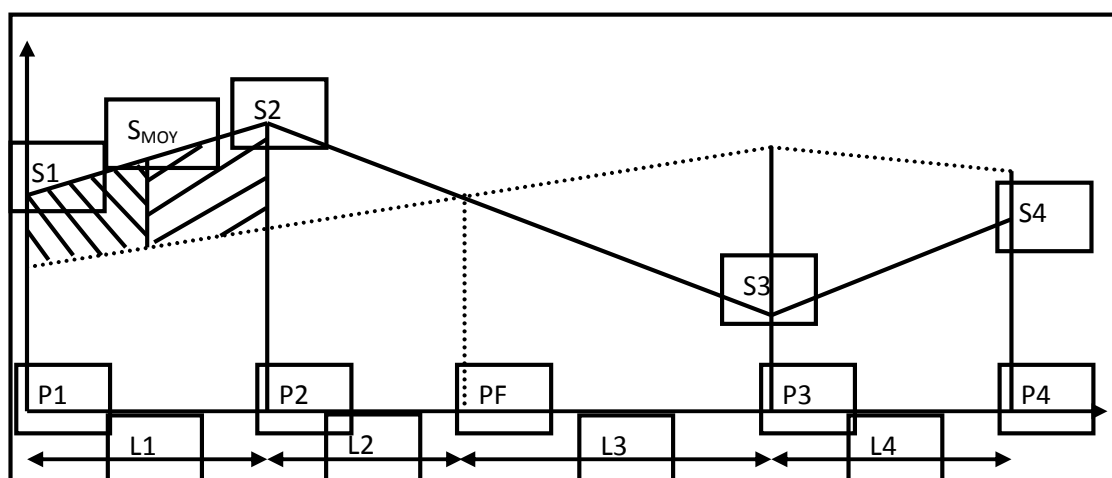
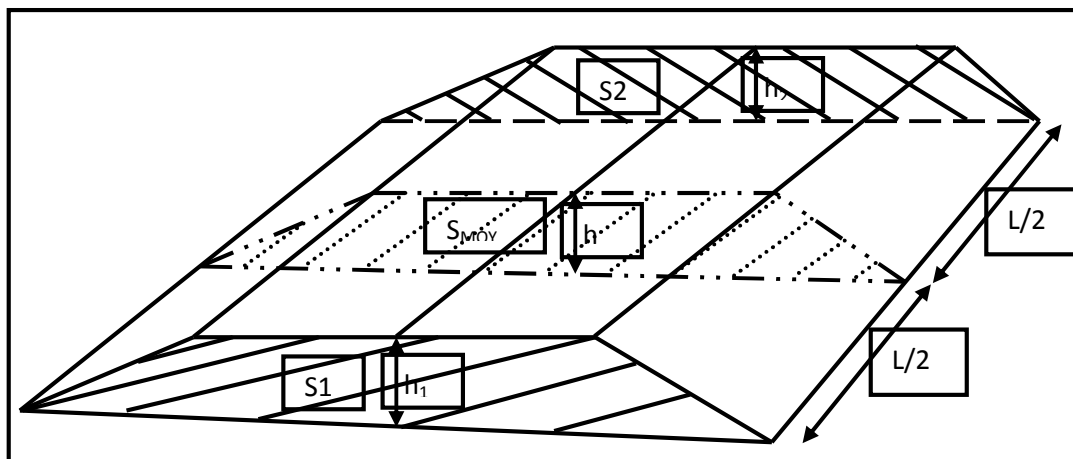
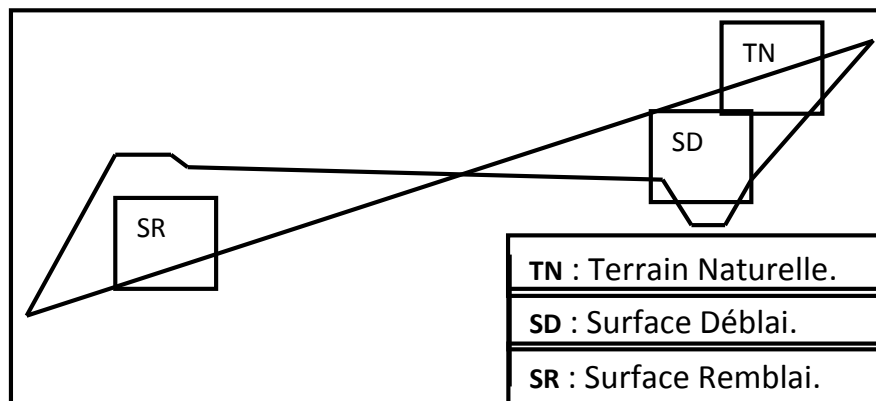
Le travail consiste a calculé les surfaces SD et SR pour chaque profil en travers, en suite on les soustrait pour trouver la section pour notre projet.

On utilise la méthode SARRAUS, c'est une méthode simple qui se résume dans le calcul des volumes des tronçons compris entre deux profils en travers successifs.

6.3.1 Formule de Mr SARRAUS :

Cette méthode « formule des trois niveaux » consiste à calculer le volume déblai ou remblai des tronçons compris entre deux profils en travers successifs.

$$V = \frac{L}{6} (S_1 + S_2 + 4 \times S_{MOY})$$



- PF: profil fictive, surface nulle
- Si: surface de profil en travers Pi
- Li : distance entre ces deux profils
- S_{MOY} : surface intermédiaire (surface parallèle et à mi-distance Li)

Pour éviter des calculs très long, on simplifie cette formule en considérant comme très voisines les deux expressions S_{MOY} et

$$\frac{(S_1+S_2)}{2}.$$

Ceci donne : $V_i = \frac{L_i}{2} \times (S_i + S_{i+1})$, donc les volumes seront :

$$V_1 = \frac{L_1}{2} \times (S_1 + S_2) \quad \text{Entre P1 et P2}$$

$$V_2 = \frac{L_2}{2} \times (S_2 + 0) \quad \text{Entre P2 et PF}$$

$$V_3 = \frac{L_3}{2} \times (0 + S_3) \quad \text{Entre PF et P3}$$

$$V_4 = \frac{L_4}{2} \times (S_3 + S_4) \quad \text{Entre P3 et P4}$$

En additionnant membres à membre ces expressions on a le volume total des terrassements :

$$V = \frac{L_1}{2} S_1 + \frac{L_1 + L_2}{2} S_2 + \frac{L_2 + L_3}{2} \times 0 + \frac{L_3 + L_4}{2} S_3 + \frac{L_4}{2} S_4$$

6.4 Calcul des cubatures de terrassement :

Le calcul s'effectue à l'aide de logiciel «PISTE 5.06»

Chapitre 7

Etude géotechnique

Etude géotechnique

7.1 Introduction :

La géotechnique routière est une science qui étudie les propriétés physiques et mécaniques des roches et des sols qui vont servir d'assise pour la structure de chaussée. Elle étudie les problèmes d'équilibre et de formation des masses de terre de différentes natures soumises à l'effet des efforts extérieurs et intérieurs.

Cette étude doit d'abord permettre de localiser les différentes couches et donner les renseignements de chaque couche et les caractéristiques mécaniques et physiques de ce sol. Pour cela on a des essais qui se font au laboratoire et qui permettent de déterminer les caractéristiques en place.

7.2 Programme d'essai en laboratoire :

Une série d'essais au laboratoire sur les échantillons prélevés, sera réalisée afin de déterminer les caractéristiques géotechniques routières des couches de terrain rencontrées selon des profondeurs nécessaire à l'étude. A cet effet, deux types d'essais seront réalisés, à savoir :

7.2.1 Essais d'identification

- Analyse granulométrique.
- Equivalent de sable.
- Limites d'Atterberg.
- Valeur de bleu de méthylène.
- L'état hydrique.

7.2.2 Essais mécaniques

- Essai PROCTOR modifié.
- Essai CBR.

Le calcul de l'épaisseur des chaussées souples nécessitera des prélèvements destinés à des essais CBR en laboratoire.

Les essais seront fait à différentes teneurs en eau énergies de compactage, afin d'apprécier la stabilité du sol aux accidents lors des terrassements, ces essais seront précédés d'essai PROCTOR.

La classification des sols rencontrés sera utile et nécessitera la détermination des limites d'Atterberg.

7.3 Description des essais :

7.3.1 Analyses granulométriques :

C'est un essai qui a pour objet de déterminer la répartition des grains suivant leur dimension ou grosseur.

Les résultats de l'analyse granulométrique sont donnés sous la forme d'une courbe dite courbe granulométrique et construite emportant sur un graphique cette analyse se fait en générale par un tamisage.

7.3.2 Equivalent de sable :

C'est un essai qui nous permet de mesurer la propreté d'un sable c'est-à-dire détermination de la quantité d'impureté soit des éléments argileux ultra fins ou des limons.

7.3.3 Limites d'Atterberg :

La limite de plasticité (W_p) et la limite de liquidité (W_L), ces limites conventionnelles séparent les trois états de consistance du sol. W_p sépare l'état solide de l'état plastique et W_L sépare l'état plastique de l'état liquide ; les sols qui présentent des limites d'Atterberg voisines, c'est à dire qui ont une faible valeur de l'indice de plasticité ($I_p = W_L - W_p$), sont donc très sensibles à une faible variation de leur teneur en eau.

7.3.4 Valeur du bleu de méthylène :

Il s'agit d'un paramètre permettant de caractériser l'argilosité d'un sol, et qui représente la quantité de bleu de méthylène pouvant s'adsorber sur les surfaces externes et internes des particules du sol.

La 'VBS' se détermine à partir de l'essai de méthylène à la tache sur une fraction de 0/2mm. La valeur trouvée est alors rapportée à la fraction 0/50 par de proportionnalité. C'est cette dernière valeur qui est appelée valeur au bleu de méthylène du sol.

7.3.5 Teneur en eau :

La teneur en eau d'un sol est le rapport de poids de l'eau évaporée lors de l'étuvage (P_w) sur le poids de matériau sec (P_s). $w = P_w / P_s$. L'essai se fait par pesées : 2 pesées avant et après étude à 105 °C.

7.3.6 Essai Proctor :

L'essai PROCTOR est un essai routier, il consiste à étudier le comportement d'un sol sous l'influence de compactage et une teneur en eau, il a donc pour but de déterminer une teneur en eau afin d'obtenir une densité sèche maximale lors d'un compactage d'un sol prévu pour l'étude, cette teneur en eau ainsi obtenue est appelée « optimum PROCTOR ».

7.3.7 Essai C.B.R (California Bearing Ratio):

C'est un essai qui a pour but d'évaluer la portance du sol en estimant sa résistance au poinçonnement, afin de pouvoir dimensionner la chaussée et orienter les travaux de terrassements.

L'essai consiste à soumettre des échantillons d'un même sol au poinçonnement, les échantillons sont compactés dans des moules à la teneur en eau optimum (PROCTOR modifié) avec trois (3) énergies de compactage 25 c/c ; 55 c/c ; 10 c/c et imbibé pendant quatre (4) jours.

❖ Nota :

A défaut de ne pas avoir eu le rapport géotechnique nous n'avons pas pu traiter la partie géotechnique à l'application de notre projet, et ceci parce qu'il n'a pas encore été réalisé.

Chapitre 8

Dimensionnement

Dimensionnement

8.1 Introduction :

La qualité de la chaussée joue un rôle primordial, celle ci passe d'abord par une bonne reconnaissance du sol support et un choix judicieux des matériaux à utiliser, il est ensuite indispensable que la mise en œuvre de ces matériaux soit réalisée conformément aux exigences arrêtées. La chaussée doit permettre la circulation des véhicules dans des conditions de confort et de sécurité voulues.

8.2 Principe de la constitution de la chaussée :

La chaussée est essentiellement un ouvrage de répartition des charges roulantes sur le terrain de fondation. Pour que le roulage s'effectue rapidement, sûrement et sans usure exagérée du matériel, il faut que la surface de roulement ne se déforme pas sous l'effet :

- De la charge des véhicules.
- Des chocs.
- Des intempéries
- Des efforts tangentiels dus à l'accélération, au freinage et au dérapage.

8.3 Définition de la chaussée :

Après l'exécution des terrassements, y'compris la forme ; la route commence à se profiler sur le terrain comme une plate forme dont les déclivités sont semblables à celles du projet, À la suite, la chaussée est appelée «comme nous avons vu» ,à :

- Supporter la circulation des véhicules de toute nature.
- En reporter le poids sur le terrain de fondation.

Pour accomplir son devoir, c'est-à-dire assurer une circulation rapide et confortable, la chaussée doit avoir une résistance correspondante et une surface constamment régulière. Au sens structurel la chaussée est

définie comme un ensemble des couches de matériaux superposées de façon à permettre la reprise des charges appliquées par le trafic.

8.4 Différentes catégories de chaussée :

Du point de vue constructif les chaussées peuvent être classées en trois grandes catégories :

- Chaussée souple.
- Chaussée semi - rigide.
- Chaussée rigide.

8.5 Les couches de la chaussée :

8.5.1 Couche de roulement (surface) :

La couche de surface est en contact direct avec les pneumatiques des véhicules et les charges extérieures. Elle a pour rôle essentiel d'encaisser les efforts de cisaillement provoqué par la circulation. Elle est en générale composée d'une couche de roulement qui a pour rôle :

- D'imperméabiliser la surface de chaussée.
- D'assurer la sécurité (par l'adhérence) et le confort des usages (diminution de bruit, bon uni).

L'épaisseur de la couche de roulement en général varie entre 6 et 8cm.

8.5.2 Couche de base :

Elle reprend les efforts verticaux et repartie les contraintes normales qui en résultent sur les couches sous jacentes. L'épaisseur de la couche de base varie entre 10 et 25cm.

8.5.3 Couche de fondation :

Elle substitue en partie le rôle du sol support, en permettant l'homogénéisation des contraintes transmises par le trafic. Assurer une bonne unie et bonne portance de la chaussée finie, et aussi, elle a le même rôle que celui de la couche de base.

8.5.4 Couche de forme :

La couche de forme est une structure plus ou moins complexe qui sert à adapter les caractéristiques aléatoires et dispersées des matériaux de remblai

ou de terrain naturel aux caractéristiques mécaniques, géométriques et thermiques requises pour optimiser les couches de chaussée. Elle n'y est utilisée que pour opérer de corrections géométriques et améliorer la portance du sol support à long terme.

8.6 Méthodes de dimensionnement :

Pour la détermination de l'épaisseur du corps de chaussée, il faut commencer par l'étude du sol. La méthode utilisée par les bureaux d'études qui sont empirique est basées sur La détermination de l'indice portant de sol.

- Appréciation de trafic composite.
- Utilisation des abaques ou des formules pour déterminer l'épaisseur de la chaussée.

On distingue deux méthodes :

Les méthodes empiriques et semi empirique, ces méthodes s'appuient sur trois paramètres:

- Le trafic: charge par voie, pression de gonflage et répétition des charges
- La force portante: obtenue par les différents essais géotechniques.
- Caractéristique mécanique des différents matériaux.

Les méthodes appartenant à la famille sont essentiellement :

- La Méthode CBR (Californien – Bearing – Ratio).
- La Méthode du catalogue de dimensionnement algérien (CTTP)

8.6.1 Méthode C.B.R (California – Bearing – Ratio):

C'est une méthode semi empirique qui se base sur un essai de poinçonnement sur un échantillon du sol support en compactant les éprouvettes de (90° à 100°) de l'optimum Proctor modifié . Les abaques qui donnent l'épaisseur 'e' des chaussées en fonction des pneus et du nombre de répétitions des charges, tout en tenant compte de l'influence du trafic.

La détermination de l'épaisseur totale du corps de chaussée à mettre en œuvre s'obtient par l'application de la formule présentée ci après:

$$E = \frac{100 + \frac{50 \log\left(\frac{N}{10}\right)}{(\sqrt{P})(75 + \frac{1}{ICBR + 5})}}{1}$$

Avec :

E: épaisseur équivalente.

I: indice CBR (sol support).

p: charge par roue P = 6.5 t (essieu I 3 t).

Log: logarithme décimal.

❖ Notion de l'épaisseur équivalente :

La notion de l'épaisseur équivalente est introduite pour tenir compte des qualités mécaniques différentes des couches et l'épaisseur équivalente d'une couche est égale à son épaisseur réelle multipliée par un coefficient numérique « a » appelé coefficient d'équivalence. $E_{eq} = \sum e_i \times a_i$

$a_1 \times e_1$: couche de roulement.

$a_2 \times e_2$: couche de base.

$a_3 \times e_3$: couche de fondation.

Les coefficients d'équivalence pour chaque matériau.

Matériaux utilisées	Coefficient d'équivalence
Béton bitumineux – enrobé dense	2.00
Grave bitume	1.70
Grave ciment – grave laitier	1.50
Sable ciment	1.00 à 1.20
Grave concassée ou gravier	1.00
Grave roulée – grave sableuse T.V.O	0.75
Sable	0.50
Tuf	0.60

Tableau8.6.I Valeurs des coefficients d'équivalence

8.6.2 Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves (CTTP) :

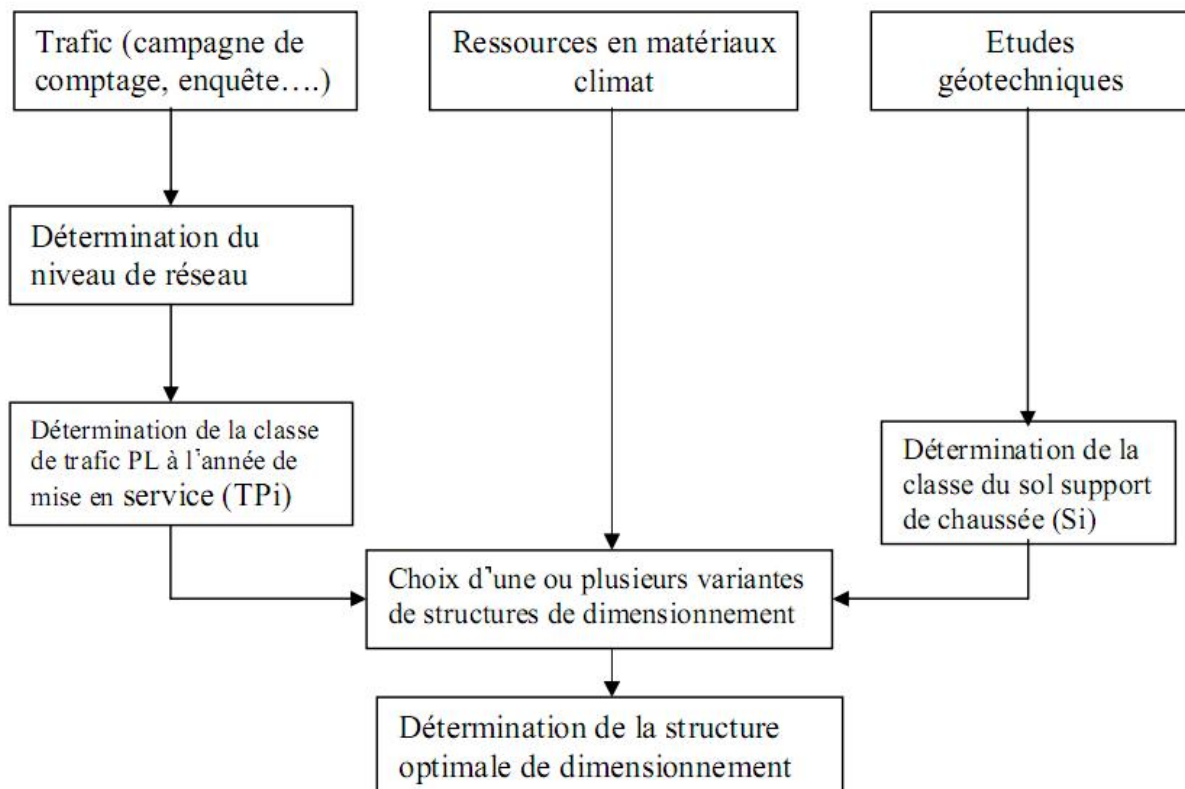
Afin de faciliter la tâche à l'ingénieur routier, un manuel pratique de dimensionnement d'une utilisation facile a été conçu, caractérisé par des hypothèses de base sur les paramètres caractéristiques : (la stratégie de dimensionnement, niveau de service, trafic, caractéristiques du sol, climat, matériaux).

- Matériaux : traités au bitume (GB, BB), non traités.
- Trafic : classé selon le nombre de PL/j/sens à l'année de mise en service.
- Portance du sol support (Si) : selon l'indice CBR (voir tableau).
- Climat : l'Algérie est divisée en trois zones (humide, semi aride, aride).

Classe de sol	Indice C.B.R
S1	25-40
S2	10-25
S3	5-10
S4	<05

Tableau 8.6.2 Classes de portance des soles Si

La démarche catalogue :



❖ Application au projet :

I. Méthode CBR :

$I_{CBR} = 25$; donc la portance de sol support est de SI.

On a : TJMA 203 I = 254 v/j.

PL = 6.67%.

$N_{PL} = (254 \times 6.67\%) / 2 = 9 \text{ PL/j.}$

$$E = \frac{100 + (\sqrt{6.5}) \left(75 + 50 \log\left(\frac{9}{10}\right) \right)}{25 + 5} = 9 \text{ cm}$$

La structure proposée ES+ 10GNT

2. Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves :

Notre TJMA est de 116 v/j < 1500 v/j, donc la route fait parti du réseau principal de niveau 2 (RP2).

$TPL_{2011} = 116 \times 0.0667 \times 0.5$ $TPL_{2011} = 4 \text{ PL/j/sens}$.D'après le

classement donné par le catalogue de dimensionnement, notre trafic est classé

en $TPL0$.On a $I_{CBR} = 25$, l'ordre de portance de notre sol est de SI

▪ Choix des structures de chaussées :

Zone climatique I

Durée de vie : 20 ans

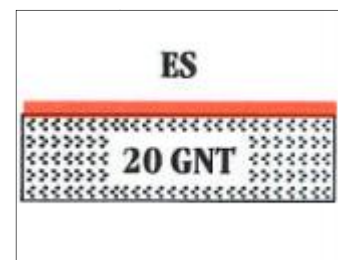
Taux d'accroissement : 4%

Classement de trafic : $TPL0$

Classement de portance de sol: SI .

Par conséquent,

On envisage d'après la fiche structure $ES+20GNT$



8.7 Renforcement de la chaussée existante :

La chaussée se fatigue tout au long de sa durée de service et se dégrade. Si la chaussée atteint un état de ruine faisant chuter considérablement le niveau de service et mettant en danger la sécurité des usagers, il est nécessaire de construire une nouvelle chaussée, non pas à côté de l'ancienne (ce qui revient trop cher), mais sur l'ancienne. Cette nouvelle chaussée sera appelée « renforcement ».

Concernant notre projet, nous n'avons pas les mesures de l'uni et de la déflexion, cependant il a été constaté lors de la visite que la couche de surface a perdu de ses caractéristiques, ce qui fait que la solution à adopter est la scarification du corps de chaussée existant.

8.7.1 Les méthodes de dimensionnement des renforcements :

Le renforcement des chaussées en épaisseur consiste à construire sur la structure existante une ou plusieurs couches. En général, on se limite à une ou deux couches : soit la couche de surface uniquement, soit la couche de surface et la couche de base.

Pour le dimensionnement des renforcements, plusieurs méthodes existent. Ces méthodes sont basées sur l'hypothèse la plus souvent propre à chaque pays ou région suivant le type du sol, le trafic et le climat.

Les méthodes de renforcement utilisées en Algérie sont :

- Méthode du catalogue des structures type de renforcement.
- Norme Espagnole 6.3 IC.
- Méthode SETRA&LCPC type de renforcement.
- Méthode du guide SETI (dec 1978).

Le dimensionnement du renforcement se base sur les données concernant la route à renforcer (l'état visuel, mesure de déflexion et l'uni), ceci d'une part, d'autre part sur celles concernant le trafic actuel et son évaluation dans le futur en exploitant les résultats des différentes études se rapportant au trafic (détermination du taux d'accroissement, le pourcentage de poids lourds....).

❖ Application au projet :

Nous n'avant pas les mesures de l'uni et la déflexion pour cela, on utilise une autre méthode. Le dimensionnement de la structure de renforcement s'opère moyennant le guide de renforcement

$$T = T_{ms} \times 365 \times [(1 + \tau)^m] / i$$

$$T_{ms} = T_0 \times (1 + i)^n - 1$$

T_{ms} : trafic à la mise en service.

T_0 : trafic poids lourd par sens.

n : nombre d'années s'écoulant entre l'année de comptage et l'année de mise en service.

m : durée de vie escomptée

τ : taux d'accroissement annuel.

Données : $TJMA_{2011} = 116v/j$

$$\tau = 4 \%$$

$$PL = 6.67 \%$$

Date de mise en service en l'année 2011

La durée de vie de la route est de 20 ans.

Application numérique :

$$T_0 = 116 \times 0.0667 = \Rightarrow T_0 = 8 \text{ PL/sens}$$

$$T_{ms} = 8 \times (1 + 0.04)^1 - 1 \Rightarrow T_{ms} = 7 \text{ PL/j/sens}$$

$$T = 365 \times 7 \times [(1 + 0.04)^{20} - 1] / 0.04 \Rightarrow T = 1.4 \times 10^5 \text{ PL/j/sens}$$

A l'aide de tableau suivant :

Classe de trafic	Nb de poids lourd >5 tonne
T0	$< 3.5 \times 10^5$
T1	$3.5 \times 10^5 \text{ à } 7.3 \times 10^5$
T2	$7.3 \times 10^5 \text{ à } 2.10^6$
T3	$2.10^6 \text{ à } 7.3.10^6$
T4	$7.3.10^6 \text{ à } 4.10^7$
T5	$> 4.10^7$

Tableau 8.7.2 Classe de trafic.

On aura : T0 donc le renforcement correspondant **ES+20GNT**

8.8 Synthèse de dimensionnement :

Cas de renforcement : couche de roulement en BB d'épaisseur 6cm.

Cas de travaux neufs : couche de roulement en BB d'épaisseur 6cm.

couche de base en GNT d'épaisseur 20 cm.

Chapitre 9

Assainissement

Assainissement

9.1 Introduction :

L'assainissement des voies de circulation comprend l'ensemble des dispositifs à prévoir et réaliser pour récolter et évacuer toutes les eaux superficielles et les eaux souterraines, c'est à dire :

- L'assèchement de la surface de circulation par des pentes transversale et longitudinale, par des fossés, caniveaux, curettes, rigoles, gondoies, etc....
- les drainages : Ouvrages enterrés récoltant et évacuant les eaux souterraines (tranchées drainantes et canalisations drainantes).
- les canalisations : ensemble des ouvrages destinés à l'écoulement des eaux superficielles (conduites, chambre, cheminées, sacs, ...).

9.2 Objectif de l'assainissement :

L'assainissement des routes doit remplir les objectifs suivants :

- Assurer l'évacuation rapide des eaux tombant et s'écoulant directement sur le revêtement de la chaussée (danger d'aquaplaning).
- Assurer l'évacuation des eaux d'infiltration à travers de corps de la chaussée.
- Evacuation des eaux s'infiltrant dans le terrain en amont de la plate-forme.

9.3 Dimensionnement du réseau d'assainissement à projeter :

Pour évaluer l'ordre de grandeur du débit maximum des eaux de ruissellement susceptibles d'être recueillies par les fossés ou par un exutoire, on peut employer la méthode appelée La méthode rationnelle dont nous rappelons très sommairement le principe: $Q_a = Q_c$

Q_a : débit d'apport en provenance du bassin versant (m^3/s).

Q_s : débit d'écoulement au point de saturation (m^3/s). Le débit d'apport est calculé en appliquant la méthode Rationnelle :

$$Q_a = K.C.I.A$$

K : coefficient de conversion des unités (les mm/h en l/s). ($K = 0.2778$)

C : coefficient de ruissellement.

I : intensité moyenne de la pluie de fréquence déterminée pour une durée égale au temps de concentration

A : surface du bassin versant exprimée en (ha).

Type de chassée	Coefficient "C"	Valeurs prises
Chausse revêtue en enrobé	0.8 - 0.95	0.95
Accotement (sol légèrement perméable)	0.15 - 0.4	0.35
Talus, sol perméable	0.1 - 0.3	0.25
Terrain naturel	0.05 - 0.2	0.2

Tableau 9.3 coefficient de ruissèlement

9.3.1 Intensité de la pluie (I) :

La détermination de l'intensité de la pluie, comprend différentes étapes de calcul qui sont :

Hauteur de la pluie journalière maximale annuelle :

$$P_j = \frac{P_{j\text{ moy}}}{\sqrt{C_v^2 + 1}} \exp(u \sqrt{\ln(C_v^2 + 1)})$$

P_j moy: hauteur de la pluie journalière moyenne (mm)

C_v : coefficient de variation.

$\ln$: log. népérien.

U : variable de GAUSS (fonction de la période de retour) dont les valeurs sont données par le tableau suivant :

Fréquence %	Période de retour (ans)	Variable de GAUSS 'u'
50	2	0
20	5	0.84
10	10	1.282
2	50	2.05
1	100	2.327

Tableau 9.3.1 Intensité-Durée-Fréquence.

❖ **Remarque :**

- Les buses sont dimensionnées par une période de retour de 10 ans.

9.3.2 Temps de concentration (t) :

La durée 't' de l'averse produisant le débit maximum Q étant prise égale au temps de concentration. dépendant des caractéristiques du bassin drainé, le temps de concentration est estimé par les formules suivantes :

La formule de VENTURA :

$$t_c = 0.127 \sqrt{\frac{A}{P}} \quad \text{pour } A < 5 \text{ km}^2$$

La formule de PASSINI :

$$t_c = 0.11 \frac{\sqrt[3]{AL}}{\sqrt{P}} \quad \text{pour } 5\text{km}^2 < A < 25\text{km}^2$$

La formule de GIADOTTI :

$$t_c = \frac{4\sqrt{A} + 1.5L}{0.8\sqrt{H}} \quad \text{pour } 25\text{km}^2 < A < 200\text{km}^2$$

Avec :

A : la superficie du bassin versant.

P : pente moyenne de THAIWEG principal.

L : longueur de THAIWEG principal.

H : article moyenne du bassin versant par rapport à l'exutoire.

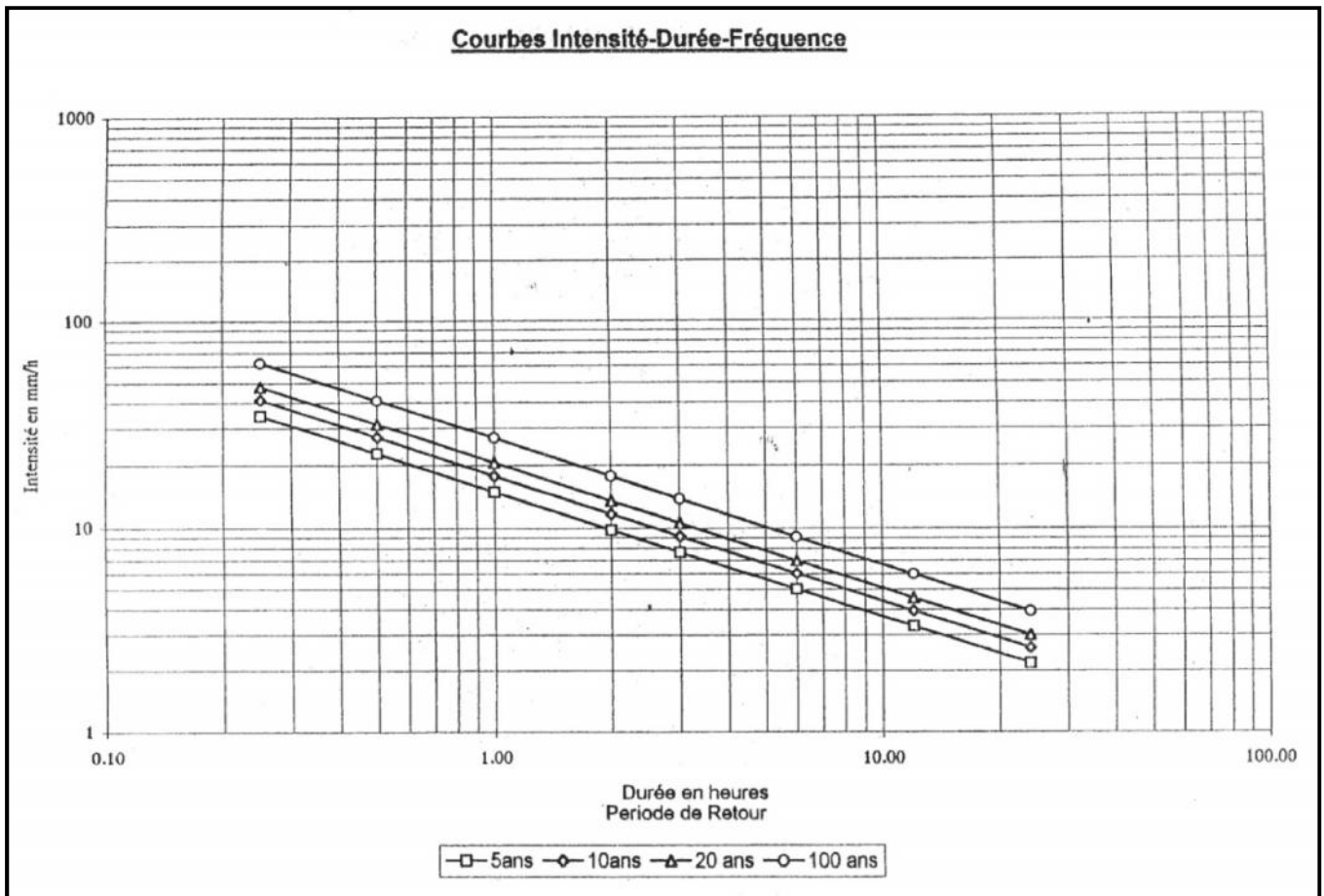


Fig. 9.3.2 Schéma des courbes Intensité-durée-fréquence.

9.3.3 Calcul de fréquence d'averse :

La fréquence d'averse est donnée par la formule suivante :

$$P_t (\%) = P_j (\%) \left(\frac{t}{24} \right)^b$$

Avec :

P_j : pluie journalière maximale annuelle

P_t : hauteur de la pluie de durée t (mm).

b : exposant climatique.

t : temps de concentration (temps nécessaire à

L'eau pour s'écouler depuis le point le plus éloigné du bassin versant jusqu'à son exutoire ou le point de calcul).

9.3.4 Intensités de l'averse :

L'intensité de l'averse est donnée par la relation suivante :

$$I_t = I.(t_c / 24)^{b-1}$$

$$I (\%) = \frac{P_j (\%)}{t}$$

9.3.5 Calcul de débit de saturation :

Ce débit est donné par la formule de MANNING et STRICKLER :

$$Q = K_{st} . R_h^{2/3} . I^{1/2} . S$$

Avec:

K^{st} : coefficient de MANNING-STRICKLER

Paroi en terre : $K_{st} = 30$.

Bétons (dalots) $K_{st} = 60$.

S : surface mouillée (m^2).

R_h : rayon hydraulique = (surface mouillée/ périmètre mouillée).

I : pente moyenne de l'ouvrage.

9.4 Données hydrauliques :

Les données pluviométriques nécessaires aux calculs sont recueillis auprès du (ANRH) sont :

- Pluie moyenne journalière maximale $P_j = 53mm$.
- Le coefficient de variation de la région considérée $C_v = 0.47$.
- L'exposant climatique de la région $b=0.37$.

❖ Application au projet :

1. Calcul des précipitations :

Pendant 10 ans :

$$P_j(10\%) = \frac{P_j}{\sqrt{C_v^2 + 1}} \exp(u \sqrt{\ln(C_v^2 + 1)}) \text{ avec } \begin{cases} u = 1.28 \\ C_v = 0.47 \Rightarrow P_j(10\%) = 84.97 \text{ mm} \\ P_j = 53 \text{ mm} \end{cases}$$

Pendant 50 ans :

$$P_j(2\%) = \frac{P_j}{\sqrt{C_v^2 + 1}} \exp(u \sqrt{\ln(C_v^2 + 1)}) \text{ avec } \begin{cases} u = 2.05 \\ C_v = 0.47 \Rightarrow P_j(2\%) = 119.86 \text{ mm} \\ P_j = 53 \text{ mm} \end{cases}$$

Pendant 100 ans :

$$P_j(1\%) = \frac{P_j}{\sqrt{C_v^2 + 1}} \exp(u \sqrt{\ln(C_v^2 + 1)}) \text{ avec } \begin{cases} u = 2.327 \\ C_v = 0.47 \Rightarrow P_j(1\%) = 135.65 \text{ mm} \\ P_j = 53 \text{ mm} \end{cases}$$

2. Fréquence d'averse :

Pour une durée de ($t=15\text{mn}=0.25\text{h}$), on la détermine par la formule :

$$P_t(\%) = P_j(\%) \left(\frac{t}{24}\right)^b$$

Avec : $t=0.25 \text{ h}$, $b=0.37$.

$$P_t(10\%) = P_j(10\%) \left(\frac{t}{24}\right)^b = 84.97 \left(\frac{0.25}{24}\right)^{0.37} = 15.70 \text{ mm}$$

3. L'intensité de l'averse I_t pour 24 h :

$$I_t = I.(t_c / 24)^{b-1}$$

$$I(\%) = \frac{P_j(\%)}{t}, \quad t = 24h$$

$$P_j(10\%) = 93.21mm \Rightarrow \boxed{I = \frac{93.21}{24} = 3.54 \text{ mm/h}}$$

La pluie de fréquence pour le calcul du dimensionnement des ouvrages hydrauliques correspond à une durée de pluie 15 min=0.25 heures.($t_c=0.25$ h).Donc : l'intensité de la pluie est :

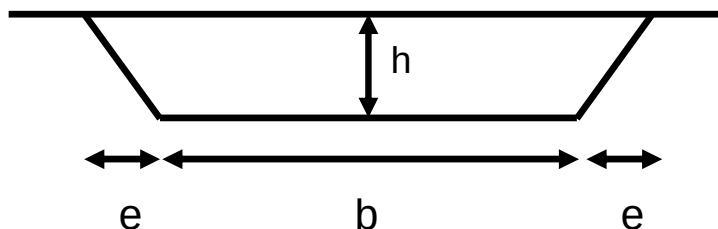
$$I_t = I\left(\frac{0.25}{24}\right)^{b-1} = 3.54 \times \left(\frac{0.25}{24}\right)^{(0.37-1)}$$

⇒

$$\boxed{I=62.78 \text{ mm/h}}$$

9.5 Dimensionnement des fossés :

Les fossés sont placés à l'extérieur de la plate forme, dans les sections déblais. Elles récupèrent les eaux issues de la chaussée, de l'accotement, et de talus. Pour le projet nous proposons des fossés de forme trapézoïdale à parois en béton.



- Les dimensions du fossé sont obtenues, en écrivant l'égalité du débit d'apport Q_a et débit de saturation Q_s :

$$Q_a = Q_s = (K_{st}.i^{1/2}) \times h.(b + (n \times h)) \times \left[\frac{h.(b + (n \times h))}{b + 2h\sqrt{n^2 + 1}} \right]^{2/3}$$

- La surface mouillée :

$$S_m = h.(b + (n \times h))$$

- Calcul de périmètre mouillé :

$$P_m = b + 2.B \quad \text{Avec} \quad B = h\sqrt{n^2 + 1}$$

- Rayon hydraulique R :

$$R = (S_m / P_m) = \frac{h.(b + (n \times h))}{b + 2h\sqrt{n^2 + 1}}$$

- La base du fossé est fixée $b=30\text{cm}$, la pente du talus est aussi fixée $1/n = 2/3$
- Le débit rapporté par la chaussée, de l'accotement et du talus est pris pour un cas défavorable.
- On considère la présence de ces trois éléments pour une section de 100 m. Le talus est pris pour une largeur défavorable de 5m on a :

$$Q_a = Q_c + Q_A + Q_t \text{ avec}$$

$Q_c : K \times C_c \times A_c \times I$ débit rapporté par la chaussée.

$Q_A : k \times C_A \times A_A \times I$ débit rapporté par l'accotement.

$Q_t : \times C_t \times A_t \times I$ débit rapporté par le talus.

- Calcul de surface :

$$\text{Surface de la chaussée } A_c = 3.5 \times 100 \times 10^{-4} \Rightarrow A_c = 0.035 \text{ ha}$$

$$\text{Surface de l'accotement } A_A = 1.5 \times 100 \times 10^{-4} \Rightarrow A_A = 0.015 \text{ ha}$$

$$\text{Surface du talus } A_t = 5 \times 100 \times 10^{-4} = 0.05 \text{ ha} \Rightarrow A_t = 0.05 \text{ ha}$$

$$A = A_c + A_A + A_t = 0.035 + 0.015 + 0.05 \Rightarrow \boxed{A = 0.1 \text{ ha}}$$

Calcul des débits :

Type de chaussée	Longueur(m)	Coefficient de ruissellement 'C'
Chaussée enrobée	3.5	0.95
accotement	1.5	0.35
Talus	5	0.25

$$Q_c = 2.778 \times 0.95 \times 6278 \times 0.035 = 5.80 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_A = 2.778 \times 0.35 \times 6278 \times 0.015 = 0.92 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_t = 2.778 \times 0.25 \times 6278 \times 0.05 = 2.18 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_a = Q_c + Q_A + Q_t \Rightarrow \boxed{Q_a = 8.9 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}}$$

$$Q_a = Q_s = (K_{st} \cdot i^{1/2}) \times h \cdot (b + (n \times h)) \times \left[\frac{h \cdot (b + (n \times h))}{b + 2h\sqrt{n^2 + 1}} \right]^{2/3}$$

Avec $K_{st} = 70$ (Fossé béton), $b = 0.3 \text{ m}$, $n = 1.5$

$$\text{Donc } h_i = Q_a / \left[(b + nh_{i-1}) \times k \times j^{\frac{1}{2}} \left[\frac{h_{i-1}(b + nh_{i-1})}{b + 2h_{i-1}\sqrt{1+n^2}} \right]^{\frac{2}{3}} \right]$$

Après un calcul itérative on opte pour : $h = 0.5 \text{ m}$

La plus part des sections de route en déblai nécessitent l'implantation de fossés bétonnés de type trapézoïdal de dimensions :

Profondeur	Largeur	Pente de la paroi du fossé
0.5m	0.3m	1/1

9.6 Dimensionnement des ouvrages traverse :

Les ouvrages d'assainissement utilisés sont aqueducs qui ont pour but d'assurer souterrainement l'écoulement des eaux, lorsque le débit est faible, s'il est plus important on construit des dalots ou des ponceaux...

La section transversale des dalots peut avoir plusieurs formes dont les plus utilisées sont de forme circulaires ou rectangulaire.

Les buses sont des cylindres en béton ou en béton armé lorsque leur diamètre est assez grand

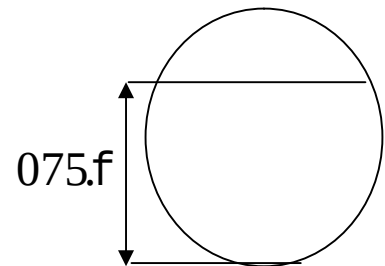
9.6.1 Dimensionnement des buses :

- la Section et le périmètre mouillé sont calculés pour une hauteur de remplissage est égale à :

$$Hr = 0,75.f \quad \text{si} \quad f \leq 1m$$

$$Hr = 0,80f \quad \text{si} \quad f > 1m$$

f : diamètre de la buse



- Le rapport Q_a/Q_c définit le nombre de buse utile.
- Le dimensionnement des buses s'effectue avec la même formule (MANNING-STRICKLER)

$$Q_s = K_{st} \cdot R_h^{2/3} I^{1/2} \cdot S$$

Q_s : débit maximum (m³/s).

K_{st} : Coefficient de rugosité de canalisation.

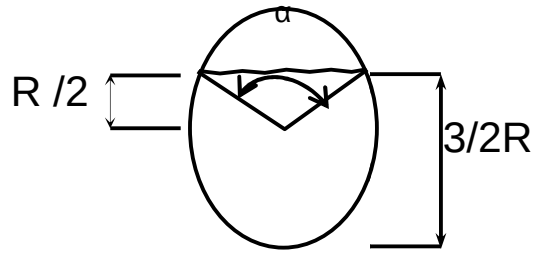
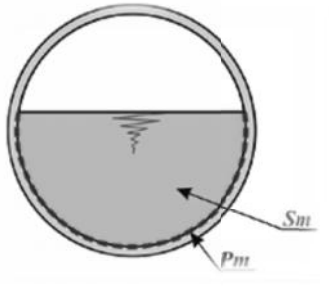
I : Pente de canalisation (m/m).

R_h : Rayon hydraulique ($R_h = S_m / P_m$).

S_m : Section transversale de l'écoulement.

$$S_m = S_T - S_1 + S_2. \quad (S_T = \pi R^2)$$

S_T : section totale de la buse.



$$S_1 = \frac{\pi}{3} \cdot R^2 \quad \text{et} \quad S_2 = \frac{1}{2} \left(\frac{R}{2} \right) \sqrt{R^2 - R/2^2}$$

$$(\text{Surface de triangle}) = \frac{\sqrt{3}}{8} \cdot R^2$$

$$\text{Donc: } S_m = \pi R^2 - \pi/3 \cdot R^2 + \frac{\sqrt{3}}{8} \cdot R^2$$

$$S_m = 2.31 R^2$$

$$P_m = 2\pi R - \alpha R$$

$$P_m = 2\pi R - (2\pi/3) R \implies P_m = 4/3 \cdot \pi R$$

$$R_H = S_m/P_m \implies R_H = 0.551 R = (R/2)$$

❖ Application: (PK=8+740 au PK8+711)

$$Q_s = K_{st} \cdot R_h^{2/3} I^{1/2} \cdot S$$

$$Q_a = K \cdot C \cdot I \cdot A$$

Nous avons:

$$A = 6.1674 \text{ ha} = 0.06167 \text{ km}^2.$$

$$P = 6\%; b = 0.37 ; I (10\%) = 3.54 \text{ mm/h.}$$

$$T_c = 0.127(A/p)^{1/2} = 0.127 \text{ h}$$

$$I_t = I (t_c/24)^{b-1} = 3.54(0.06/24)^{-0.63} = 154.28 \text{ mm/h}$$

$$Q_a = K \cdot C \cdot I_t \cdot A = 0.2778 \times 0.2 \times 154.28 \times 0.06167 \implies Q_a = 0.529 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$K_{st}=80, I = 6\%$$

$$\text{On a: } Q_s = 80. (0.55 I R)^{2/3} (0.08)^{1/2}. (2.31) R^2 = 0.529 \text{ m}^3/\text{s} \implies \boxed{R = 0.207 \text{ m}}$$

Le débit est assuré pour un diamètre $D = \phi = 2R = 600 \text{ mm}$.

Tableau récapitulatif des buses :

Les résultats calculés dans le cadre de notre projet sont récapitulés dans le tableau suivant :

N°	PK	Buse existant	Etat de la buse	Solutions
1	0+035	Ø600	Semi obstrué en amont et en aval	A maintenir après curage
2	0+610	Ø600	Dégrader Semi obstrué en l'amont et en aval	A maintenir et refaire les têtes de sortie + débouché
3	1+444	Ø600	Dégrader et Semi obstrué en aval	A maintenir et refaire les têtes de sortie + débouché
4	1+875	Ø600	Semi obstrué en amont et en aval	A maintenir et projeter les têtes de buse
5	2+230	Ø600	Semi obstrué en amont et en aval	A maintenir après curage
6	2+530	Ø600	Semi obstrué en amont	A maintenir après curage
7	2+926	Ø600	Semi obstrué en amont et en aval	A maintenir et projeter les têtes de buse
8	3+049	Ø600	Semi obstrué en amont et en aval	A maintenir et refaire le débouché
9	3+228	Ø600	dégradée	A démolir et remplacer par un autre ouvrage busé Ø600.
10	3+680	Ø600	Semi obstrué en amont et en aval	A maintenir après curage
11	4+353	Ø600	Semi obstrué en amont et en aval	A maintenir et refaire les têtes de buse

12	4+766	Ø600	Bon état	A maintenir et refaire les têtes de buse
13	5+144	Ø600	Bon état	A maintenir après curage
14	5+518	Ø600	Buses obstruée en aval	A maintenir après curage
15	5+735	Ø600	dégradée	A démolir et remplacer par un autre ouvrage busé Ø600.
16	6+059	Ø400	Semi obstrué en l'amont	A maintenir après curage en aval
17	7+275	Ø400	Semi obstrué en amont et en aval	A maintenir après curage
18	8+594	Ø600	Semi obstrué en amont et en aval	A maintenir et refaire les têtes de buse après curage
19	8+755	Ø600	Passage busé obstrué en amont et en aval	A maintenir et refaire la tête + débouché après curage
20	9+078	Ø600	Semi obstrué en amont	A maintenir et refaire les têtes de buse après curage

Chapitre 10

Signalisation

Signalisation

10.1 Introduction :

Les équipements de signalisation et de sécurité routière constituent un langage visuel destiné à sécuriser et faciliter la tâche des conducteurs grâce à l'instauration d'une véritable communication codifiée entre l'utilisateur et la route. Dans un environnement routier souvent complexe, l'efficacité de cette communication se perçoit à travers la lisibilité et la compréhension (clarté des symboles) du système de signalisation, par conséquent être conçue et installée de manière à aider l'utilisateur de la route le long de son parcours en lui permettant d'adapter sa conduite aux diverses situations qui se présentent, et ce, en évitant l'hésitation et la fausse manœuvre.

10.2 Les équipements et la signalisation existante :

La sortie sur site nous a permis de relever les insuffisances suivantes :

- Un manque flagrant des panneaux de signalisation et des balises de virage qui aggrave les dégâts en cas d'accident de la circulation.
- Les glissières de sécurité sont insuffisantes.

10.3 Les dispositifs retenus :

Le but principal de ce genre de dispositif est la sécurité de l'utilisateur par la diminution du nombre d'accidents ou de leurs gravités. Il existe deux catégories de dispositifs à retenir :

- Les dispositifs souples qui se déforment sous l'effet du choc en conservant une poche résiduelle (cas des glissières métalliques et balises).

10.4 Type de signalisation :

On distingue deux types de signalisation :

10.4.1 Signalisation horizontale :

Elle concerne uniquement les marques sur la chaussée qui sont employées pour régler la circulation, avertir ou guider les usagers. Toutes ces marques sont de couleur blanche.

❖ Lignes longitudinales :

Elles sont utilisées pour délimiter les voies de circulation, on trouve :

- les lignes continues : ces lignes sont utilisées pour indiquer les sections de route où le dépassement est interdit.
- les lignes discontinues : sont de type T1, T2 ou T3 (ligne d'avertissement, ligne de rive). voir le tableau de ci-dessous :
- Modulation des lignes discontinues : Elles sont basées sur une longueur périodique de 13 m. leurs caractéristiques sont données par le tableau suivant :

Type de modulation	Longueur du trait (m)	Intervalle entre trait (m)	Rapport Plein/ vide
T1	3.00	10.00	~1/3
T1'	1.50	5.00	
T2	3.00	3.5	~1
T2'	0.50	0.5	
T3	3.00	1.33	~3
T3'	20.00	6.00	

Tableau 10.4.1 Modulation des lignes

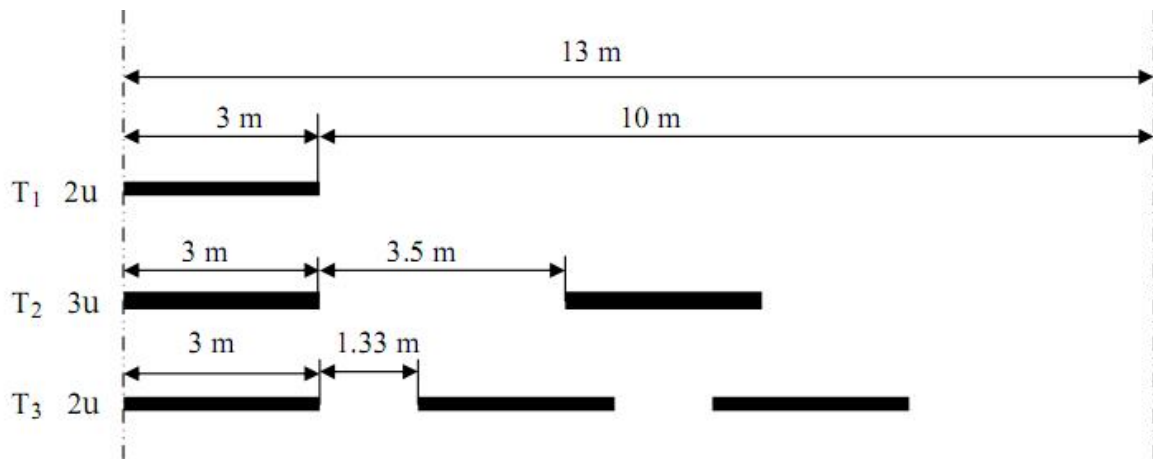


Fig10.4.1 Types de modulation

T₁ 2U : ligne axiale ou délimitation de voie.

T₂ 3U : ligne de rive.

T₃ 2U : ligne de délimitation des voies de décélération, d'accélération ou d'entrecroisement.

- Les lignes mixtes : sont des lignes continues doublées par des lignes discontinues du type T1 dans le cas général.
 - ❖ Lignes transversales:
- Ligne STOP : c'est une ligne qui oblige les usagers de marquer un arrêt et elle est continue.
- Ligne «cédez le passage » (T1, 5U).
- Ligne «effet des signaux » (T2, 3U).
 - ❖ Autre marquages:
- Flèche de rabattement.
- Flèche de sélection.
- Marquage par hachures.

La largeur des lignes est définie par rapport à une largeur unité (u) différente suivant le type de route :

- U = 7.5cm sur autoroutes et voies rapides urbaines.
- U = 6 cm sur les routes et voies urbaines (trafic > 3000 v/j)
- U = 5 cm sur les autres routes.

La couleur blanc est la plus utilisée pour les marquages sur chaussée définitive et l'orange pour les marques provisoires.

10.4.2 Signalisation verticale :

Elle se fait à l'aide de panneaux, qui transmettent des renseignements sur le trajet emprunté par l'utilisateur à travers leur emplacement, leur couleur, et leur forme

Elles peuvent être classées en classes :

❖ Signalisation avancée :

Le signal A24 est placé à une distance de 150m de l'intersection. Le signal B3 accompagné dans tous les cas d'un panneau additionnel (modèle G5) est implanté sur la route prioritaire.

❖ Signalisation de position :

Le signal de type B2 « arrêt obligatoire » est placé sur la route ou les usagers doivent marquer l'arrêt.

❖ Signalisation de direction :

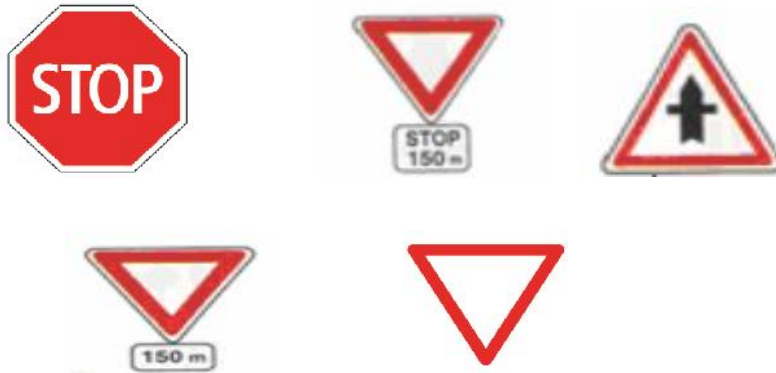
L'objet de cette signalisation est de permettre aux usagers de suivre la route ou l'itinéraire qu'ils se sont fixés, ces signaux ont la forme d'un rectangle terminé par une pointe de flèche d'angle au sommet égal à 75°.

❖ Application au projet :

I. La signalisation de danger :



2. Intersection et régime de priorité :



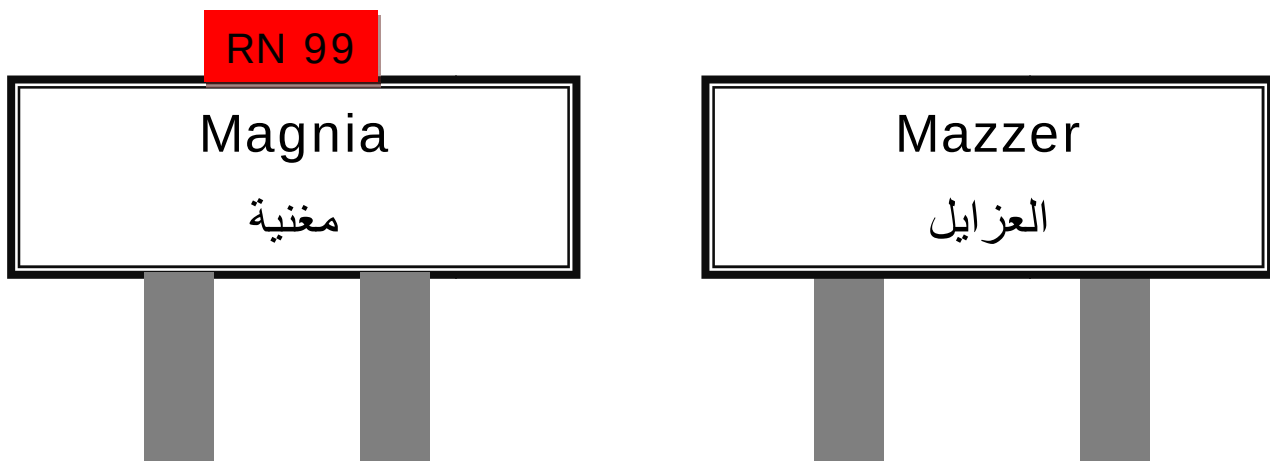
3. La signalisation de prescription :



4. Les balises :



5. La signalisation de direction :



10.5 Eclairage

L'éclairage de la route doit permettre à ses usagers de circuler pendant la nuit en toute sécurité, il s'agit de la possibilité de percevoir les points singuliers et les obstacles éventuels.

10.5.1 Catégories d'éclairage :

On distingue quatre catégories d'éclairages publics :

- Eclairage général d'une route ou une autoroute, catégorie A.
- Eclairage urbain (voirie artérielle et de distribution), catégorie B.
- Eclairage des voies de cercle, catégorie C.
- Eclairage d'un point singulier (virage...) situé sur un itinéraire non éclairé, catégorie D.

10.5.2 L'éclairage de notre route :

Des lampadaires doivent être implantés à l'entrée de la ville de (Mazzer) pour éclairer ses derniers et faciliter la circulation des usagers.

10.5.3 Le croisement des autres routes et pistes :

La bordure du trottoir doit être parfaitement visible, on adopte à cet effet des dispositifs réfléchissants ou lumineux.

Devis estimatif et quantitatif

Devis estimatif et quantitatif

Désignation	Unité	Prix unitaire (DA)	Quantité	Montant
1) Acquisition de terrain	m ²	1000.00	1760.5	1760500.00
Sous total 1				1760500.00
2) Installation de chantier et repliement	F	3%du total (3+4+5)		10485558.03
Sous total 2				10485558.03
3) préparation de terrain				
Déplacement des poteaux électriques	unité	300000.00	5	1500000.00
Sous total 3				1500000.00
4) Terrassement				
Décapage des terres végétale épaisseurs de 20 a 30 cm	m ²	50.00	1861.5	93075.00
Scarification du revêtement existant	m ²	40.00	5967	2386800,00
Déblais en terrain meuble mis en remblais	m ³	450.00	8853	3983850.00
Déblais mis en dépôt	m ³	240.00	64844	15562560.00
Remblais d'emprunt	m ³	600.00	20691	12414600.00
Sous total 4				34440885.00
5) chaussée				
L'accotement en tuf	m ³	800.00	4977	3981600.00
Couche de base en GNT	m ³	1800.00	9757	198340296.00
Couche d'imprégnation en émulsion 700 à 800 g/m2	T	80000.00	51.78	4142400.00
Couche de roulement en béton bitumineux BB (2.4t/m3)	T	4800.00	9406	108357120.00
Sous total 05				315964516.00
6) Assainissement	F	10%du total(3+4+5)		34951860.10
7) Impact sur l'environnement	F	1%du total (3+4+5)		3495186.01
8) Déviation des réseaux	F	3%du total (3+4+5)		10485558.03
9) Eclairage: signalisation et équipements routiers	F	5% du total (3+4+5)		17475930.05
10) Contrôle (bureau d'étude et laboratoire)	F	2% du total (3+4+5)		6990372.02
Total (HT)				437550365
TVA (17%)				74383562.06
Total (TTC)				511933927.1

Le montant total du projet est de : Cinq cent onze millions neuf cent trente trois mille neuf cent vingt sept Dinars Algerien et Un Centimes

Conclusion générale

Conclusion générale

Le programme de la relance économique qui a pour objet le développement durable du pays, donne une place importante et un grand intérêt au domaine des travaux publics, et cela en s'intéressant à l'amélioration et l'aménagement d'infrastructures de qualité, qui permettent d'offrir les meilleurs services pour les utilisateurs des autoroutes, et qui répondent à l'offre et à la demande en matière de transport.

Pour notre étude nous avons essayé de respecter toutes les normes routières qu'on ne peut pas négliger en évitant les contraintes rencontrées sur le terrain et on a pris en considération le confort, la sécurité des usagers ainsi bien que l'économie et l'environnement.

Ce projet de route nous a permis non seulement d'exprimer et d'appliquer nos connaissances acquises durant les cinq années de notre formation, mais aussi de mieux appréhender notre avenir dans le monde professionnel.

Bibliographie

Bibliographie

- Cours de routes de 4^{ème} année ENTP :
 - Mme F.Z.KALLI
 - Mr Boulaarak
- Cours de routes de 5^{ème} année ENTP.
- Catalogue de dimensionnement des chaussées neuves.
- B40 (Normes techniques d'aménagement des routes).
- B60 et B61 (Catalogue des structures, types des chaussées neuves).
- Routes (Circulation – Tracé – Construction) R.COQUAND 9^{ème} édition Eyrolles 1985.
- Signalisation routière.
- Assainissement (Recommandation).
- ENSTP anciennes mémoires de Fin d'Etude.
- Aménagement des routes principales.
- Amélioration de la sécurité des virages des routes principales en rase campagne.

Liste des figures

N°	Nom de la figure	Page
1.1	présentation du site.	3
1.2	plan de situation.	4
1.3.1	Images Google Earth montrant les rayons à éviter.	6
1.3.2	Images Google Earth montrant les fortes déclivités.	7
1.3.3	Aperçu sur le profil en travers de la route existante.	7
1.3.4	Photos montrant l'état de dégradations de la chaussée actuelle.	8
1.3.5 .1	Absence des fossés.	9
1.3.5 .2	L'état des Ouvrages busé Ø600mm en maçonnerie.	9
1.4 var1	Images Google Earth : Point noir évité cerclé en jaune.	10
1.4	Images Google Earth: Montrant les zones ou les rayons à améliorés.	11
1.4 var2	Images Google Earth: montrant les zones ou les rayons à éviter.	12
1.4 var3	Images Google Earth: montrant les zones ou les rayons à éviter et à améliorer.	13
3	Éléments de la clothoïde.	27
4	Éléments nécessaires au calcul du profil en long.	41
5	éléments de profil en travers.	45
6	Méthodes de calcul des cubatures.	52
9.3.2	Schéma des courbes Intensité-durée-fréquence.	70
10.4.1	Types de modulation.	82

Liste des tableaux

N°	Nom du tableau	Page
I	tableau de comparaison entre les variantes.	13
2.5.2	coefficients d'équivalence.	19
3.4	tableau récapitulatif des rayons en plan.	25
3.8	paramètres fondamentaux.	30
3.9	coordonnées des sommets.	31
4.5	valeur de la déclivité maximale (B40).	38
4.6	tableau récapitulatif des raccordements paraboliques	41
8.6.1	Valeurs des coefficients d'équivalence.	60
8.6.2	Classes de portance des soles Si.	61
8.7.2	Classe de trafic.	65
9.3	Coefficient de ruissellement.	68
9.3.1	Intensité-Durée-Fréquence.	69
10.4.1	Modulation des lignes.	81